

TRABAJO FIN DE MÁSTER

APROXIMACIÓN A UNA CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA, MEDIANTE SIG, DE LOS RÍOS ARAGÓN SUBORDÁN Y HUERVA.

Ana Montañés Casaled

***Directores: Daniel Ballarín Ferrer
Alfredo Ollero Ojeda***

Máster Universitario en

**Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del
territorio: sistemas de información geográfica y teledetección**

Noviembre de 2013



**Universidad
Zaragoza**

**Departamento de Geografía
y Ordenación del Territorio**



Resumen

La base de este trabajo estriba en el conocimiento de los sistemas fluviales desde una perspectiva hidrogeomorfológica, para la mejor gestión y planificación del territorio. La metodología utilizada se fundamenta en el uso de las TIG para medir, tanto el valle como el cauce de los ríos. Las variables con las que se ha contado para ello han sido, el índice de encajamiento, la anchura del fondo del valle, el índice de sinuosidad y la pendiente en los ríos Aragón Subordán y Huerva, dentro de la cuenca media del Ebro. Como resultado se ha obtenido una tipología aplicable a ambos ríos.

Palabras clave: geomorfología fluvial, clasificación geomorfológica, Aragón Subordán, Huerva.

Abstract

This work is based on the knowledge of fluvial systems, with a hydrogeomorphological perspective in order to make better managing and planning strategies for the territory. The methodology consisted of applying commercial geographic information technologies to measure both the valley and channel of the rivers. The variables analyzed here were the confinement index, the width of the valley, the sinuosity index, and the slope of two: Aragón Subordán and Huerva rivers, both belonging to the mid catchment area of the Ebro River. As a result we obtained a common typology describing both rivers.

Keywords: fluvial geomorphology, geo-morphologic classification, Aragón Subordán, Huerva.

Índice

1. Introducción	pág.	1
1.1. Antecedentes y justificación	pág.	1
1.2. Objetivos	pág.	2
2. Metodología	pág.	2
2.1. Fuentes	pág.	2
2.2. Tratamiento de la información	pág.	3
3. Encuadre Territorial	pág.	5
4. Caracterización y división en tramos de los ríos de estudio	pág.	8
4.1. Hipótesis de trabajo	pág.	8
4.2. Clasificación de los ríos	pág.	8
4.3. Geomorfología de los valles	pág.	9
4.4. Pendiente del cauce	pág.	14
4.4.1. Cálculo de pendiente en ArcGIS	pág.	14
4.4.2. Pendiente mediante modelo ráster	pág.	15
4.4.3. Pendiente mediante modelo vectorial.....	pág.	16
4.5. Geomorfología del cauce.....	pág.	17
4.5.1. Índice de sinuosidad	pág.	18
4.5.2. Tipo de canal	pág.	19
4.5.3. Número de canales.....	pág.	20
4.5.4. Resultado pendiente y geomorfología del cauce	pág.	21
5. Resultados de tipificación de los ríos Aragón Subordán y Huerva	pág.	22
5.1. Análisis de resultados en el río A. Subordán	pág.	25
5.2. Análisis de los resultados en el río Huerva	pág.	29
6. Comparación entre la hipótesis de partida y el resultado	pág.	31
7. Conclusiones	pág.	32
8. Mapas con los resultados.....	pág.	33
9. Bibliografía	pág.	35
Anexos	pág.	39

Índice de Figuras

1. Trazado capa red hidrográfica G. Aragón y la digitalizada	pág. 4
2. Localización ríos Aragón Subordán y Huerva	pág. 5
3. Formación litoestructural de los ríos Aragón Subordán y Huerva.....	pág. 6
4. Perfil río Aragón Subordán. Datos MDE 5x5.	pág. 7
5. Perfil río Huerva. Datos MDE 5x5.....	pág. 7
6. División por tramos Aragón Subordán	pág. 8
7. Procedimiento cálculo de la tipología de valle	pág. 11
8. Detalle de los cortes transversales en el río Aragón Subordán (Izda.). Perfil transversal Aragón Subordán, falsos máximos	pág. 11
9. Detalle de mínimos en el fondo del valle del río Huerva	pág. 11
10. Tipos de valle en los ríos Aragón Subordán y Huerva.	pág. 13
11. Cálculo de pendientes en ArcGIS.	pág. 14
12. Proceso de cálculo de pendientes ArcGIS.....	pág. 15
13. Buffer del Talweg con 15, 20 y 40 m. de distancia.	pág. 15
14. Proceso de formación de la capa de pendientes.....	pág. 16
15. Filtro 3x3 y filtro 7x7 reclasificados en 5 categorías	pág. 16
16. Rutina para el cálculo de las pendientes. Rutina vectorial	pág. 17
17. Recorte de Ortoimágenes río A. Subordán y Huerva.....	pág. 20
18. Porcentaje de longitud en cada tipo de cauce con un canal o más.....	pág. 20
19. Proceso de reclasificación Pendiente y Sinuosidad.....	pág. 21
20. Tipos de cauce en el río A. Subordán	pág. 21
21. Tipos de cauce en el río Huerva.....	pág. 21
22. Longitud por tipología en ambos ríos en porcentaje	pág. 22
23. Tipología de los ríos Aragón Subordán y Huerva	pág. 23
24. A. Subordán. Tipos 1, 3 y 5.	pág. 25
25. Tipos 1, 3 y 5 (A.S.). Tramos con pendiente superior al 6%.....	pág. 25
26. Tramos del A. Subordán muy encajados o encañonados	pág. 26
27. Tipo 4(A.S.). Situación en la cuenca y ortoimágen	pág. 26
28. Tipo 9(A.S.). Situación en la cuenca. Tramo 1 y 2.	pág. 27
29. Tipo 10(A.S.). Detalle de Aguas Tuertas desde cabecera.	pág. 27
30. Tipo 6(A.S.). Selección del tramo. Fotografía de Aguas Tuertas.....	pág. 28
31. Tipos 11,12 y 13(A.S.). Tramos de la desembocadura del A. Subordán	pág. 29
32. Tipos 1, 2 y 11 del río Huerva	pág. 30
33. Tramos con menor longitud. Tipos 5, 10 y 15	pág. 30
34. Mapa comparativo de la hipótesis de partida y del resultado (A.S.).....	pág. 31
35. Mapa de tipologías del río A. Subordán.....	pág. 33
36. Mapa de tipologías del río Huerva	pág. 34

Índice de Tablas

1. Parámetros utilizados para la clasificación de los valles	pág. 12
2. Umbrales índice de encajamiento y anchura fondo de valle.....	pág. 13
3. Tipos de clasificación en tramos de 500 m. río Huerva	pág. 17
4. Información estadística del índice de sinuosidad.....	pág. 19

1. INTRODUCCIÓN

La clasificación de los ríos es un problema no resuelto a la vista de la cantidad de clasificaciones bajo diferentes parámetros que se han hecho, desde hace varias décadas, unas veces auspiciadas por las administraciones como la Directiva 2000/60/CE que establece la clasificación de los ríos Europeos bajo criterios topográficos, hidroclimáticos y geomorfológicos, y otras por la comunidad científica. Autores como Leopold y Wolman (1957), Schumm (1963,1977), Church (2006), Brierley y Fryirs (2005), Siligardi (2003), Strahler (1989), Mosley (1981), Amoros y Petts (1993), Rosgen (1994) o una de las más recientes recopilación de clasificaciones de los cauces fluviales, bajo diferentes aspectos, de Buffington & Montgomery (2013) dan muestra de ello. En España han estudiado el tema, entre otros autores, Sánchez Navarro (2003), Pardo Pascual et al (2002, 2006), o los trabajos de Ollero et al (2003, 2007, 2010) o Díaz y Ollero (2005) más concretamente sobre el valle del Ebro.

Estas clasificaciones se han basado en varios aspectos, tanto cualitativos como cuantitativos. Este trabajo ha tomado el criterio geomorfológico para una clasificación de tipo cuantitativo. Además se ha tomado como guía el TFM de Horacio (2010) que, mediante herramientas SIG, expone la metodología que ha servido de base, así mismo, se ha utilizado su trabajo recopilatorio de documentación científica sumamente exhaustivo.

Se ha estudiado el cauce fluvial de dos ríos, el A. Subordán y el Huerva (o la Huerva), situados en el valle medio del Ebro, uno en el margen derecho y otro en el izquierdo, y que son diferentes en cuanto al aporte de precipitación que recibe cada uno, la litología que recorren, su longitud, etc.

1.1. Antecedentes y justificación

La geomorfología fluvial ha sido estudiada en los últimos años por la necesidad de conocimiento, tanto para el estudio del paisaje, como para la mejor valoración y ordenación de los valles y los cauces fluviales, su conservación y la evitación de riesgos provocados por las avenidas y que pueden producir pérdidas tanto en vidas como en bienes (Horacio, 2010).

Según la directiva europea: *“el agua no es un bien comercial como los demás, sino un patrimonio que hay que proteger, defender y tratar como tal.”*(Directiva 2000/60/CE)

La política comunitaria dicta un marco legislativo que, en su preámbulo, trata sobre lo que deben de trabajar tanto los gobiernos como la comunidad científica, al abordar la necesidad de establecer una calidad ecológica de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, para mejorarlos y evitar la contaminación de estos así como, la presión que sobre el agua se ejerce por parte del crecimiento constante de la demanda. Esta directiva pretende establecer “los principios básicos de una política de aguas sostenible en la Unión Europea.” Los Estados miembros especificarán cuales son las cuencas hidrográficas de su territorio, para establecer las demarcaciones hidrográficas dentro de las estructuras administrativas para su gestión, durante un periodo de tiempo límite de 15 años a partir de la entrada en vigor de dicha directiva.

También establece una caracterización de los tipos de masas de agua superficial. Se puede elegir entre varios modelos que contemplan condiciones específicas diversas del tipo de masa de agua superficial pudiendo ser estas de tipo hidromorfológico y fisioquímico, y que indicarán el estado ecológico de las aguas superficiales, facilitando la evaluación del impacto e identificando las presiones que sobre ellas se produce. Así mismo, estos estudios servirán para un posterior análisis económico y el establecimiento de zonas protegidas.

Algunos de los indicadores hidromorfológicos a los que hace referencia dicha directiva, son de interés para la realización de este trabajo; más concretamente habla del régimen hidrológico (caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas, conexión con masas de aguas subterráneas),

continuidad del río, condiciones morfológicas (variación en la profundidad y la anchura, estructura y sustrato del lecho del río, estructura de la zona ribereña).

1.2. Objetivos

La hipótesis de trabajo ha sido que la división de un río, utilizando únicamente una ortoimagen, sin el apoyo de los cálculos que permite hacer un SIG, puede conllevar errores no despreciables. El objetivo general que se marcó para este trabajo fue el estudio de los ríos Aragón Subordán (en adelante A. Subordán) y Huerva, desde parámetros geomorfológicos, con la utilización de las TIG (Tecnologías de la Información Geográfica), dentro de los dictados de la Directiva 2000/60/CE y en base a la metodología utilizada por Horacio (2010). Los objetivos concretos han sido:

- Dividir los ríos evaluados en tramos de acuerdo con un criterio de homogeneidad dentro de los parámetros de estudio, tanto del valle como del cauce y la metodología que nos permite el trabajo con SIG.
- Elaborar una cartografía clara de dicha división en tramos, para la clasificación de los ríos del estudio.
- Evaluar la idoneidad o no del método utilizado y que ha servido de base de este estudio.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada se basa, como ya se ha dicho en el TFM de Horacio, J. H. (2010) y que a su vez tiene como fundamento trabajos de categorización de los sistemas fluviales de entidades como, la Agencia de protección medioambiental de Estados Unidos con el índice *Rapid Stream Assessment Technique* (RSAT) y que es una síntesis de estudios, los trabajos de la Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli-Venezia Giulia con el *Indice di Funzionalità Fluviale* (IFF), o de autores como: Siligardi, (2003), *River Styles Framework* de Brierley & Fryirs (2005), y los trabajos de Prat & Munné (1999) y Díaz & Ollero (2005) y Ollero (2003) a los que se añaden trabajos de clasificación como los de Buffington & Montgomery (2013) entre otros y que estudian aspectos geomorfológicos como la forma del cauce, la pendiente y la sinuosidad de este y la geomorfología del valle que han sido de gran utilidad en este trabajo.

Las variables con las que se ha trabajado son, la forma del valle mediante su perfil transversal, la anchura del fondo de éste, la pendiente del cauce y su sinuosidad. En el río A. Subordán se ha contado también con el número de canales; con ello se ha generado una cartografía. También se ha estudiado la litología por la que discurren, el tipo de canal, entre otras informaciones para explicar la clasificación resultante.

La utilización de las tecnologías de la información geográfica (TIG) mediante un software SIG, en concreto se ha utilizado *ArcGis 10.1*, son la herramienta que ha permitido realizar el trabajo cartográfico, mediante elementos discretos (*feature class*) lineales, aunque utilizando también puntuales y poligonales en algunas ocasiones, y todos ellos bajo una estructura de *Geodatabase*. También se ha utilizado la hoja de cálculo (Excel) para el procesamiento de datos de algunos parámetros, que se ha exportado e importado al SIG para la realización de la cartografía. En el caso del A. Subordán el trabajo de campo ha servido para la verificación de los tramos realizados en gabinete.

2.1. Fuentes

Se ha utilizado varios tipos de información en formato digital del área de estudio. Siguiendo el proceso de trabajo y para la generación de las polilíneas, que han servido de base para la división en tramos y su posterior tipología, se han digitalizado éstas sobre una ortoimagen del Plan Nacional de

Ortoimágen aéreas (PNOA 2009) descargada del Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR) que se ha trabajado en una escala aproximada de 1:1000.

- Ortoimágenes: 118 (2-4, 3-4), 144 (2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 3-1), 176 (1-3, 2-1, 2-2, 2-3), 383 (2-4, 3-2, 3-3, 3-4, 4-1, 4-2), 411 (2-1, 2-2, 2-3, 2-4), 439 (1-2, 1-3, 1-4, 2-1, 2-2, 2-3), 438 (3-3, 3-4, 4-3), 465 (3-1, 4-1, 4-2, 4-3), 466 (1-4, 2-4), 492 (2-1)
- El Modelo digital del terreno utilizado es el MDT05 que tiene como base el proyecto LIDAR y una resolución 5x5 m. y el MDT25 con una resolución 25x25 m. ambos descargados del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) perteneciente al Instituto Geográfico Nacional. Hojas: 118, 144, 176, 383, 411, 438, 439, 465, 466 y 492
- El mapa Topográfico de Aragón con el servicio WMS del SITAR. Las divisiones administrativas Provincias, comarcas y municipios de Aragón del servicio de descargas del SITAR.

Para la generación de los mapas tanto de geología como de geomorfología, se ha contado con la información digital que el SITAR pone a disposición de los usuarios, en formato .shp, con una escala de Aragón y que tiene como base (información de su web):

- Topografía de referencia a Escala numérica 1:200.000 del Centro Nacional de Información Geográfica del Ministerio de Obras Públicas y Transportes
- Mapa geológico nacional a Escala numérica 1:200.000 de síntesis del Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Mapa geológico nacional a Escala numérica 1:50.000 MAGNA 2ª Serie del Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Cartografía geológicas a Escala numérica 1:50.000 y 1:200.000 inéditas del CGS.
- Cartografía 1:200.000 correspondiente al Mapa Geomorfológico de Teruel del Instituto de Estudios Turolenses.
- Cartografía 1:200.000 del Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa realizado por la Universidad de Zaragoza y la Estación Experimental de Aula Dei.
- Cartografía geomorfológicas a Escala numérica 1:50.000 y 1:200.000 inéditas del CGS.

La proyección utilizada es la ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), sistema oficial de España establecido por el Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio sobre el que se debe “compilar toda la información geográfica y cartográfica oficial” y que permite integrarla con la información geográfica Europea y los sistemas de navegación. El elipsoide utilizado es el GR80, con un sistema de coordenadas ETRS – Transversal Mercator. Así mismo se ha utilizado el Datum Europeo del año 1950 y el Huso 30 N.

2.2. Tratamiento de la información

El MDE (modelo digital de elevaciones) se ha trabajado en dos resoluciones: 5m. y 25m. Los MDEs necesarios se han unido en un mosaico para el cálculo posterior de las cuencas de ambos ríos.

Procedimiento en ArcGIS para el cálculo de la cuenca hidrográfica ha sido:

- Unión de los MDEs (Data management > Ráster > Ráster dataset > Mosaic to new ráster)
- Desde el paquete de herramientas Spatial Analyst Tools se ha utilizado el bloque de Hydrology. La secuencia, primero trabajando en ráster y más tarde pasando a vectorial, ha sido:
 - Eliminación de los “pozos” (zonas que no tienen un drenaje hacia otras celdas) (función: Fill)

- Definición de la dirección del flujo (función: Flow direction), el programa lo calcula celda a celda (de más altura a menos) y dando como resultado 8 posibles direcciones.
- Delimitar del área de drenaje desde las cotas más elevadas (Bassin) y de este modo, definiendo la divisoria de aguas circunscribir la cuenca.
- Transformación del área delimitada en ráster en vectorial (Conversión tools > From ráster > Ráster to polygon)
- Selección del polígono y conversión de la selección en una nueva capa. Esta nos servirá para “cortar” (Analysis tools > Extract > Clip) el resto de mapas (MDE, mapa geológico, geomorfológico, etc.)

Se ha digitalizado, a escala 1:1000, aproximadamente, en una polilínea el trazado de los ríos y los embalses de la cuenca del Huerva en una capa de polígonos. El motivo ha sido el desplazamiento observado con respecto al MDE y las Ortoimágenes utilizadas (Figura 1.) y las capas de Hidrología, tanto de la Confederación Hidrográfica de Aragón, como del Gobierno de Aragón, a pesar de tener todas ellas la misma proyección (ETRS89).

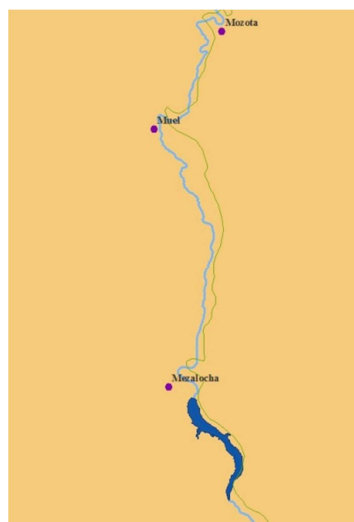


Figura 1. Trazado capa red hidrográfica Gobierno de Aragón y la digitalizada.

Para la realización de los mapas, tanto geológico como geomorfológico, de cada cuenca y que están en formato vectorial (.shp), se ha realizado una reclasificación, de forma que se han representado seis tipos de roca: sedimentarias detríticas, sedimentarias carbonatadas, sedimentarias evaporíticas, margas, metamórficas y rocas ígneas en el geológico. Se han señalado tanto las evaporíticas como las margas por su significación en las cuencas de estudio, la primera en la Huerva y la segunda en el A. Subordán.

En el mapa geomorfológico se han clasificado: fondos de valle, terrazas, glaciares, depósitos aluviales y coluviales, plataformas monoclinales, depresiones cerradas, conos de deyección, superficies de erosión y zonas sin clasificar.

Procedimiento en ArcGis mapa geológico:

- Seleccionar los atributos geológicos en el área de estudio. Aplicar la herramienta Clip (Analysis tools > Extract > Clip) entre las capas del mapa geológico y el polígono del área de cuenca de cada río.

- Extraer la tabla en formato .xls y procesarla en Excel para obtener una reclasificación de los datos en un nuevo campo.
- Incorporar nuevamente la tabla, realizar una unión entre la capa de los datos geológicos y la tabla con la nueva reclasificación. (Data management tools> Join> Join field, mediante el campo: código)
- Para la visualización en un mapa: Propiedades de la capa > botón secundario > Symbology > Categories > Unique values > select value field > reclasificación.

El mismo proceso se ha seguido para la realización del mapa geomorfológico.

3. ENCUADRE TERRITORIAL

El estudio corresponde a dos ríos del tramo medio de la cuenca del Ebro, el A. Subordán en la margen izquierda y el Huerva en la margen derecha (Figura 2).

El A. Subordán tiene su nacimiento en el Pirineo Septentrional Aragonés, provincia de Huesca, es afluente directo del río Aragón por su margen derecha. Con una longitud de 55 km. y discurre dentro de una cuenca vertiente de 711 Km² de superficie y su disposición es Norte-Sur. Está dentro de la cuenca del río Aragón con un área de 8500Km²

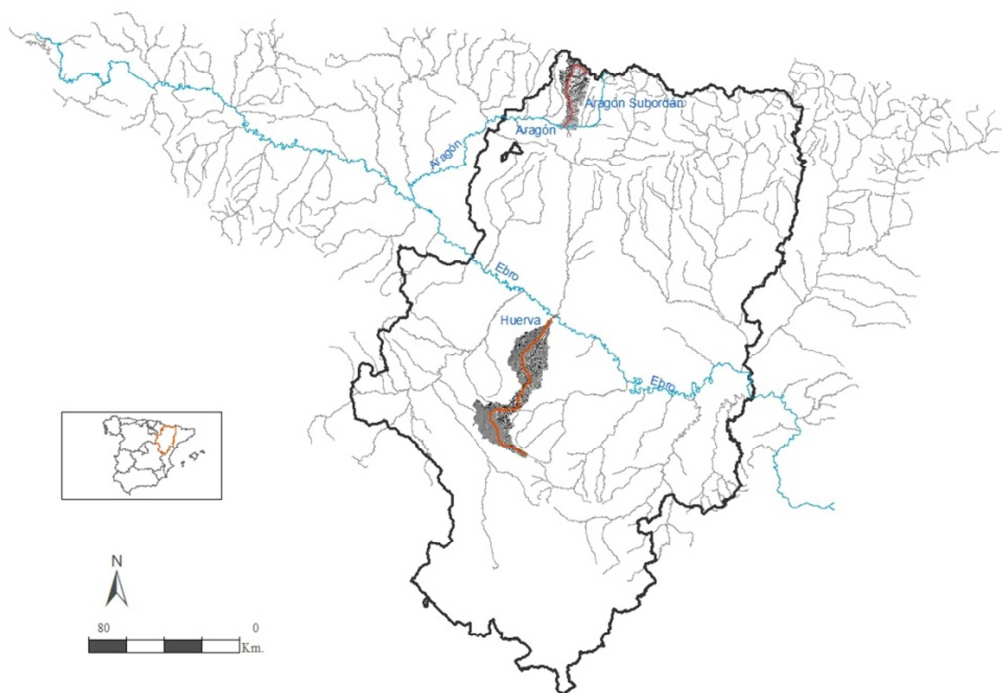


Figura 2. Localización ríos A. Subordán y Huerva

El río Huerva nace en la Sierra de Cucalón, Sistema Ibérico, tiene una longitud de casi 150 km. y su cuenca una superficie de 1170 km² con una disposición Sur-Norte.

El A. Subordán atraviesa una serie de unidades litoestructurales que han influido en sus niveles de encajamiento, o en la formación de tramos abiertos, lo que ha posibilitado su aprovechamiento agrícola. Lo mismo sucede con el Huerva (Figura 3).

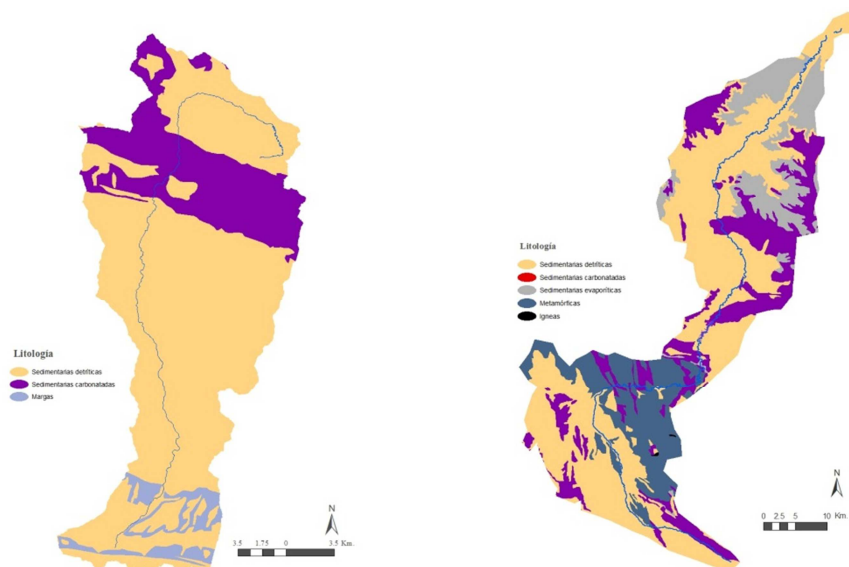


Figura 3. Formación litoestructural de los ríos A. Subordán y Huerva.

El A. Subordán (disposición N-S) recorre las unidades morfoestructurales del Pirineo desde el Pirineo Axial, las Sierras Interiores (Sierra de Alano) y el Flysch hasta la Canal de Berdún (con una disposición E-O) por donde discurre el tramo del río Aragón, donde desemboca el A. Subordán. Este recorrido lo hace pasando por diferentes unidades litoestructurales (arcillas y areniscas, conglomerados, calizas, otra vez areniscas y arcillas, y en el tramo final margas).

El Huerva nace en el Sistema Ibérico, en la Sierra de Cucalón, que es una de las sierras de la alineación exterior de la depresión de Calatayud- Daroca-Teruel y su trazado tiene una disposición S-N, con algún tramo O-E. Discurre por calizas, areniscas y arcillas de Campo Romanos en su tramo inicial, pasa por cuarcitas y pizarras Paleozoicas y por calizas Cretácicas, y en su tramo final por material sedimentario, con gran cantidad de depósitos aluviales, terrazas o glaciares en la zona yesífera del valle medio del Ebro.

La cuenca del A. Subordán tiene una altura media de 1173 m. con un máximo de 1812 m. y mínimo de 599 m. El Huerva tiene una altura media de 716 m., la altura máxima es de 1230 m., la mínima 189 m.; se pueden ver dos secciones en la cuenca, la primera desde el nacimiento al embalse de Las Torcas donde se encuentran las mayores alturas (Sierras de Cucalón, Oriche y Pelarda y la llanura de Campo Romanos) y la segunda sección desde el embalse de Las Torcas hasta la desembocadura en Zaragoza con una disposición SO-NE.

Los perfiles (Figuras 4 y 5) de los dos ríos revelan diferencias, se muestra más accidentado en el río A. Subordán que en el Huerva. En el segundo solo se muestran escalonamientos pertenecientes a los embalses de Mezalocha y las Torcas. Los gráficos se han realizado con los datos MDE 5 m.

La temperatura media en la cuenca del Huerva según los datos obtenidos de la Confederación Hidrográfica del Ebro para los años 1920-2002, oscilaban entre los 10° C en cabecera y los 15°C en desembocadura, la temperatura máxima se produjo en los meses de julio y agosto y la mínima en diciembre y enero. Las precipitaciones medias de la cuenca oscilaron entre los 463 mm/año en cabecera y los 341 mm/año de la desembocadura, siendo más abundantes entre abril y junio (máximo en mayo) y los mínimos se produjeron los meses de febrero y julio. Se puede hablar, por tanto, de un régimen mediterráneo con una fuerte componente continental.

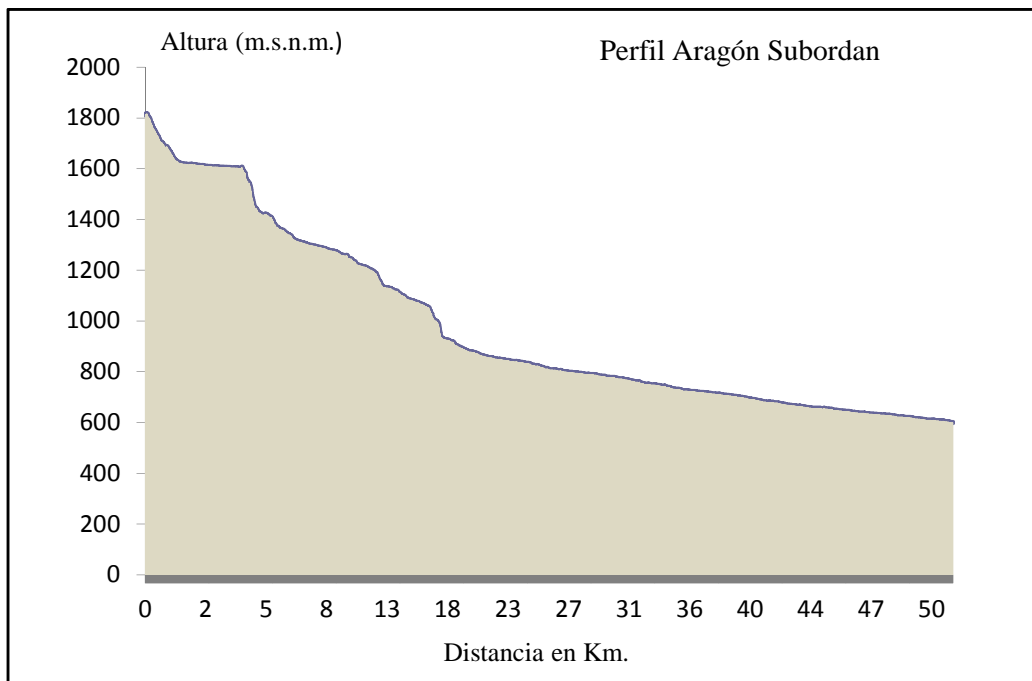


Figura 4. Perfil río A. Subordán. Datos MDE 5x5

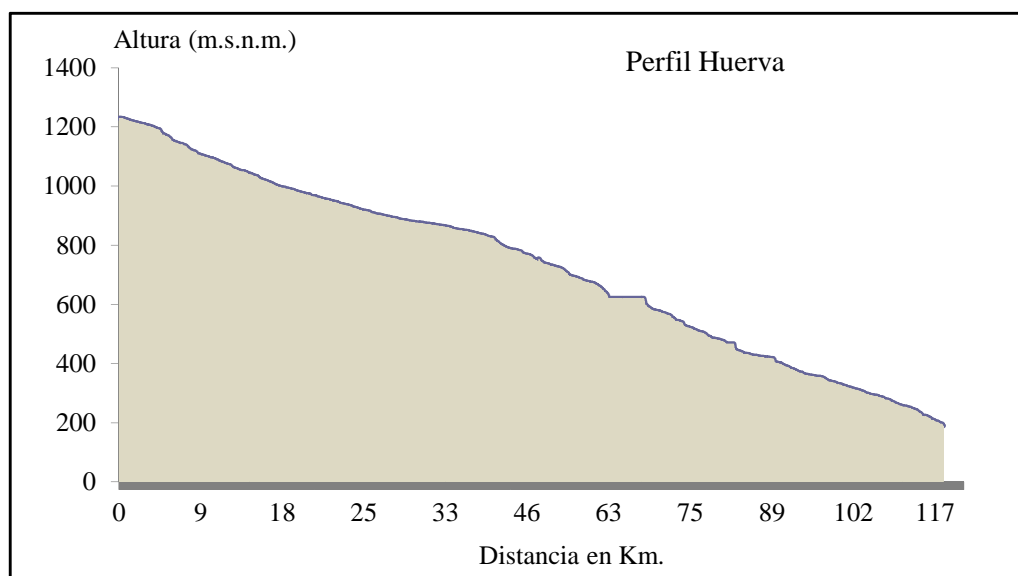


Figura 5. Perfil río Huerva. Datos MDE 5x5

Con el fin de entender el régimen climático del A. Subordán se han utilizado datos de la cuenca del río Aragón, cuya la precipitación media, para el periodo entre 1940-2000, fue de 945 mm/año que en zonas de montaña llegó a alcanzar los 2000 mm/año, siendo más abundantes en los meses de diciembre y enero. La mínima precipitación quedó registrada en los meses de julio, agosto y septiembre. La temperatura media anual es de 11.6°C que llegó a los 6°C en las zonas altas de los Pirineos. Las temperaturas más altas se registraron en julio y agosto y las más bajas en diciembre y enero.

4. CARACTERIZACIÓN Y DIVISIÓN EN TRAMOS DE LOS RÍOS DEL ESTUDIO

4.1. Hipótesis de trabajo

Se ha realizado, en primer lugar, una exploración con las ortoimágenes del PNOA 2009 (0.5m.) para Aragón, del río A. Subordán dividiendo los tramos que parecían tener características más homogéneas, teniendo en cuenta la forma del valle, el encajamiento, la sinuosidad, o la formación de barras laterales o islas dentro del cauce entre otras características. Se ha llevado a cabo también una labor de visualización en campo del río, prácticamente, en todo su recorrido. Hay que tener en cuenta que factores como la pendiente no son claramente valorables con la ortoimágen, ni siquiera en campo las diferencias de elevación se pueden constatar con precisión, algo que no ocurre con el SIG donde quedan calculados con la exactitud que nos permite el MDE del que dispongamos. El resultado de este primer trabajo (Figura 6) ha sido una división en 18 tramos del río. Esta división sirvió como hipótesis de trabajo y para la comparación con el resultado realizado por el programa.



Figura 6. División por tramos A. Subordán.

Procedimiento seguido con ArcGis ha sido:

- Crear una capa de polilíneas en una nueva *geodatabase* (ArcCatalog)
- Editar línea y digitalizar (*CreateFeature*) los tramos, guardando la edición y añadir los atributos y el código a cada uno.

4.2. Clasificaciones de ríos

Recientemente Buffington y Montgomery (2013) han realizado un trabajo de tipología de las clasificaciones de los ríos en el ámbito anglosajón. Los autores defienden la utilización de los procesos geomorfológicos y diferencian un primer grupo de clasificaciones cuantitativas, como las basadas en los procesos de formación de un cauce, y dentro de estas a su vez diferencian las que, siendo cuantitativas, miden diferentes parámetros físicos con una base conceptual cualitativa, y las que miden la mecánica de los procesos y su explicación. En otro grupo se encuentran las

cualitativas o descriptivas que son útiles para el reconocimiento de patrones en un SIG y que más tarde nos servirán para evaluar y gestionar la toma de decisiones. Muchas de estas clasificaciones se engloban en trabajos de corte regional que durante el siglo pasado estudiaron la estructura y la evolución de los ríos. Esta clasificación se lleva a cabo de acuerdo con:

- El orden jerárquico del cauce (Strahler, 1957; Horton, 1945). Son clasificaciones estructurales.
- El ámbito de los procesos (Schumm, 1977). Por la producción de los sedimentos, transporte y movilidad de estos y su depósito. (Montgomery y Buffington, 1997; Paustian et al, 1992). Requieren una división del cauce en tramos estudiando la interrelación que se produce entre factores tales como la morfología del cauce y sus hábitats. Tienen un punto de vista descriptivo en cuanto a identificación litológica, no especifican los procesos asociados a su morfología, identifican las unidades geomorfológicas del paisaje y son una valiosa herramienta para la gestión territorial y su conservación.
- La geometría del cauce (Leopold y Wolman, 1957). Estas se dividen en:
 - Cuantitativas empíricas o teóricas, que miden la forma del cauce por su influencia tanto en el transporte como en la sedimentación. El tamaño de los sedimentos y su carga, la vegetación de ribera, rugosidad, anchura y profundidad, sinuosidad, número de canales y forma del cauce, pendiente tanto del valle como del cauce, relación anchura y profundidad del cauce, etc.
 - De marco conceptual, definidas por el patrón del cauce y su estabilidad que a su vez se ve influenciada por el tamaño de los sedimentos, el transporte de estos o el contenido en limo y arcillas de la llanura de inundación y también, la rugosidad de la forma del cauce y su relación con la corriente y la vegetación de ribera. Todo esto origina diferentes tipos de valle (Buffington y Montgomery, 1997) y clasifican los canales por los efectos de la vegetación de ribera, el flujo de sedimentos, los tipos de sustratos o la forma de los valles.
- La interacción entre el cauce y su llanura de inundación. Identifican los tipos de llanura de inundación y estudian su interacción con el cauce buscando vínculos entre los procesos fluviales, los ecosistemas de ribera y los usos antrópicos. Utilizan la ortoimagen aérea y determinan la estabilidad de los grandes ríos aluviales.
- La división de los ríos basada en el material de fondo y su movilidad. Hacen una división de los fondos en aluviales y de roca (Henderson, 1963; Simons, 1963; Chuch, 2002,2006; Shields, 1936; Leopold et al, 1964; Parker, 1978, etc.) estudian esta movilidad donde la capacidad de arrastre causa la erosión o sedimentación y además depende de ello la pendiente existente.
- Las unidades del canal (Bisson y Col, 1982), hacen descripciones cualitativas de flujo y de la rugosidad del lecho del río.
- Las nuevas clasificaciones jerárquicas basadas en Strahler (1957) y Horton, (1945), y que con enfoques más recientes se utilizan para la gestión del territorio, la restauración de cauces y permiten un enfoque más holístico de los procesos en la cuenca. Autores como Frissell et al, 1986; Paustian et al, 1992; Montgomery y Buffington, 1997,1998; Chuch, 2002, 2006; Rosgen, 1985, 1994, 1996b entre otros han trabajado con estas clasificaciones.
- Las estadísticas. Son objetivas y frecuentes en estudios empíricos, utilizan la diferenciación de los canales, identifican los umbrales para los tipos de canal y se utilizan para modelos predictivos.

4.3. Geomorfología del valle

Para la RAE **valle** es una *llanura de tierra entre montes o alturas, la cuenca de un río* pero también el *conjunto de lugares, caseríos o aldeas situadas en un valle*. Es el continente y el contenido. No resulta fácil la delimitación, pero parece razonable pensar que sería el espacio

comprendido entre las alturas máximas entre ambos lados de la depresión que origina el curso del río que por él circula, aunque también *es el propio cauce en sí mismo* como nos dice Horacio 2010 (Twidale, 1976; Pedraza, 1996; Ollero, 2007;). No solo es complicada la definición, sino que su forma puede ser extremadamente compleja de clasificar, por los diferentes factores que intervienen en ella, como se ha modelado, como ha evolucionado, que materiales lo constituyen, etc. Se pueden clasificar atendiendo a la forma: si son simétricos o asimétricos; en cuanto a las laderas que lo limitan; si son de fondo estrecho con cascadas, rápidos, marmitas o cañones o de fondo ancho; si están asociados a ríos con una amplia llanura de inundación, con terrazas formadas por la erosión sucesiva del cauce y con cauces meandriformes, trenzados o anastomosados. Por su génesis pueden ser en forma de V o de U bien sean fluviales o glaciares. Por la estructura de plegamiento y fracturación sobre la que se asienten pueden ser concordantes como los valles en combe, las valles de fallas o de fosas tectónicas o discordantes como los valles en cluse, valles ortoclinales o anticlinales. Investigadores como Hutton (1788-1795) o Lyell (1835) ya plantearon una clasificación y más recientemente Shumm (1972) realizó su tipología de los valles bajo criterios cuantitativos, cualitativos o descriptivos y mixtos en una de combinación de ambos. En cuanto a la metodología, autores como Young (1972), Twidale (1976), Pedraza (1996) utilizan parámetros geométricos para diferenciarlos o Rosgen (1996) realiza una clasificación con métodos mixtos incorporando tanto cálculos geométricos como parámetros descriptivos. Esta última clasificación es una de las más citadas últimamente. En este trabajo se ha realizado una clasificación cuantitativa empírica y basada en las características que se pueden medir con un SIG, se ha definido por su índice de encajamiento y su anchura de fondo, y que se fundamenta en las recomendaciones de la *Commission of the European Communities* (2002) *Guidance Standard* CEN TC230/WG 2/TG 5:N32 y Ollero (2007).

Teniendo en cuenta los procesos erosión, transporte y depósito y su consiguiente efecto en la forma del valle se han utilizado como indicadores de cada tramo el valle, el índice de encajamiento que habla de la energía que el río tiene en su recorrido, de su capacidad para penetrar erosionando el terreno por el que discurre y que dependerá de la litología de base y de la disposición tectónica de las estructuras que lo acogen, y el fondo de valle que dependerá de los mismos factores y procesos, constituirá, por ejemplo una llanura de inundación mayor o menor dependiendo de la erosión lateral y la sedimentación que en él se haya depositado.

El procedimiento seguido en ArcGis para la consecución de la información necesaria ha sido, trabajar por separado las dos características a cuantificar, implementando la tabla de atributos en la polilínea de cada uno de los ríos. Para la realización de los cortes transversales necesarios lo primero que se ha hecho ha sido dividir la polilínea en tramos. En el caso del A. Subordán se ha considerado una distancia de 500 m. y en el Huerva de 3000 m., aproximadamente. La división se basa en el análisis exploratorio previamente realizado con la digitalización y en el que se ha considerado que el tramo más pequeño con unas características más homogéneas corresponde a esta distancia aproximadamente. En cada tramo se ha realizado un corte transversal en el centro de este y se ha asumido que los datos obtenidos en el corte son los de todo el tramo añadiéndolos a la tabla de atributos para su posterior clasificación.

Para los cálculos del índice de encajamiento se ha utilizado Excel y nuevamente se ha incorporado, como tabla, al SIG para la clasificación de los tramos.

Las herramientas que se han utilizado en ArcGis han sido:

- División en tramos: con la edición “abierta” (*Start editing*) y la polilínea seleccionada: *Menú edición/Split/división 500m. o 3000m.* (Figura. 7)
- Perfil transversal:
 - Selección de la superficie y realización de la línea del perfil (*Edit/3DAnalyst/Interpolateline*)
 - Digitalización de los perfiles con las herramientas *3D Analyst*

- Realización de los gráficos (*3D Analyst profile graph title*) y exportación de los datos a Excel (*creación de gráficos/ export (formato:SVG, XML, Excel)*).
- Con los datos en Excel se ha realizado el cálculo del índice de encajamiento y se han localizado los márgenes de la anchura del valle y se han incorporado a la tabla en ArcGis mediante un *Join (Join and Relate/Join/Join attributes from a table)*.



Figura 7. Procedimiento para el cálculo de la tipología del valle.

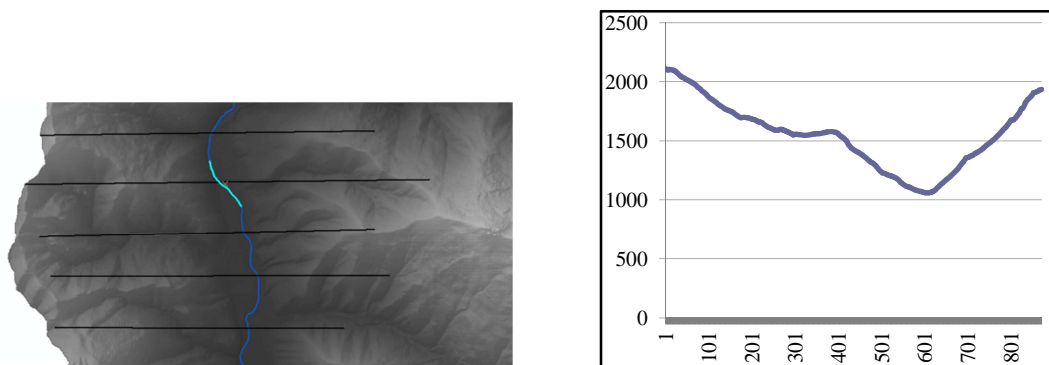


Figura 8. Detalle de los cortes transversales en el río A. Subordán (Izda.). Perfil transversal A. Subordán, falsos máximos.

Los cortes se han realizado uno por uno para corregir los posibles errores tanto de falsos máximos (Figura 8) como de los falsos mínimos (Figura 9). Por ejemplo, en el río Huerva el mínimo (la altura mínima del valle) no corresponde al cauce del río sino a las carreteras, autovía u otras construcciones existentes en un valle muy modificado por los usos agrícolas o las infraestructuras que por el discurren.

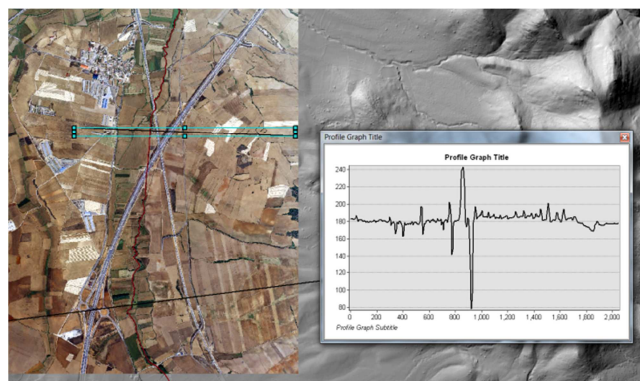


Figura 9. Detalle de mínimos en el fondo del valle del río Huerva (línea roja en la imagen).

En el caso de la Figura 9 el mínimo corresponde a la Autovía Mudéjar siendo el segundo mínimo el que corresponde al Huerva. Hay que tener en cuenta que se ha trabajado con un MDE de 5 m. por lo que el nivel de detalle es elevado.

Para el cálculo del índice de encajamiento se han tomado los parámetros aportados por Horacio (2010) y provenientes del Programa MorfoPerfil-T que muestra la tabla 1, sería:

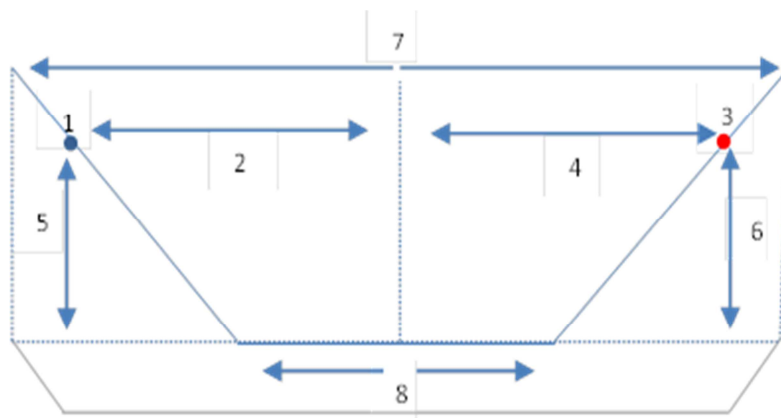
$$A_1 / P$$

Dónde:

- A_1 = distancia horizontal entre los máximos de la izda. y la dcha.
- P = la Media de las diferencias entre el eje del cauce y la cota máxima por la izda. y el eje del cauce y la cota máxima por la dcha.

Tabla 1. Figura elaborada por Horacio (2010) y proveniente del programa MorfoPerfil-T con los parámetros utilizados para la clasificación de los valles.

Parámetro	Descripción
z_{\max_i}	Cota máximo detectado izquierda eje sobre el perfil transversal (1)
d_{\max_i}	Distancia horizontal entre máx. izda. y eje cauce en perfil transversal (2)
z_{\max_d}	Cota máxima detectada dcha. eje sobre perfil transversal (3)
d_{\max_d}	Distancia horizontal entre máx. dcha. y eje cauce perfil transversal (4)
iz_i	Distancia cota entre máx. izda. y cota eje cauce perfil transversal (5)
iz_d	Distancia cota entre máx. dcha. y cota eje cauce perfil transversal (6)
iz_m	Media diferencias cota entre eje cauce y máx. izda. y dcha.
A_1	Distancia horizontal entre máx. izda. y dcha. (7)
A_2	Longitud línea horizontal elevada sobre eje canal y limitada por puntos corte dicha línea con perfil transversal (8)
d_{ci}	Distancia horizontal entre punto inicial fondo (izda.) y cota eje cauce en perfil transversal
d_{cd}	Distancia horizontal entre punto inicial fondo (dcha.) y cota eje cauce en perfil transversal
a/p	Índice de encajamiento = A_1 / iz_m



Se ha elaborado una plantilla en Excel y los resultados se han incorporado a la tabla de atributos de la polilínea en cada tramo.

Al medir el fondo de valle se ha repetido la metodología para ceñir la medida del tamaño a la realidad del valle lo máximo posible; se han utilizado como apoyo los mapas de iluminación de cada una de las cuencas (*Spatial Analyst Tools / Surface / Hillshade*), las Ortoimágenes y los MDEs. Los problemas citados en el río Huerva se han solventado realizando los cortes entre las primeras terrazas del río, ya que es un valle con una gran disimetría en cuanto a las cotas de las

laderas que lo limitan y por su gran transformación antrópica. Esto ha provocado que los tramos finales clasificados (no urbanos ni semiurbanos) puedan dar resultados de anchura de valle o encajamiento medios a pesar de que el valle podría parecer muy amplio.

Los umbrales de clasificación, se han marcado para ambos ríos, para que sean comparables.

Tabla 2. Umbrales índice de encajamiento y anchura del fondo de valle. Basado en Horacio (2010).

Índice de encajamiento (A_1 / P)		Anchura fondo de valle (m.)	
TIPO	VALOR	TIPO	VALOR (m.)
Muy encajado	< 10	Estrecho	<50
Moderadamente encajado	10 - 15	Poco extenso	50 – 250
Encajado	15 – 25	Extenso	250 – 500
Suavemente encajado	25 – 40	Moderadamente extenso	500 – 1000
Abierto	>40	Muy amplio	>1000

El cruce de las dos capas de información da como resultado 25 tipos de los que no todos se pueden ver en los dos ríos de estudio. En el Huerva se encuentran 11 tipos, y en el A. Subordán 12 (figura 10).

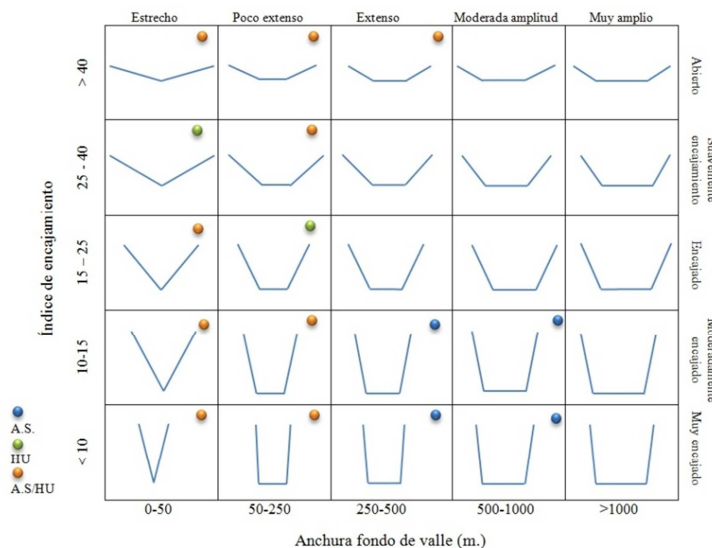


Figura 10. Tipos de valle en los ríos A. Subordán y Huerva. Basado en Horacio (2010)

Estas clases se volvieron a reclasificar en 6 tipos de valle que estuvieran en los dos ríos:

- Valle muy encajado de fondo estrecho
- Valle muy encajado de fondo ancho
- Valle moderadamente encajado de fondo estrecho

- Valle abierto de fondo estrecho
- Valle abierto de fondo ancho

4.4. Pendiente del cauce

El cálculo de la pendiente del terreno es un factor importante para valorar las características morfológicas, tanto de la cuenca como del cauce. Tiene una relación directa con la energía del cauce y la velocidad de la corriente, ya que, a mayor pendiente la velocidad del agua será mayor y por tanto, tendrá mayor capacidad de erosión y arrastre de sedimentos, por el contrario, donde la pendiente sea menor, la sedimentación y depósito de material será mayor. Disminuirá la capacidad de carga del cauce como nos dice Strahler (2005) con la gradual reducción de la pendiente que se dará en el momento en el que la cantidad de carga y la capacidad que tiene el río de transportarla coincidan. La pendiente es un elemento que interviene directamente en la forma tanto del valle como del cauce y en los procesos de formación y evolución de estos.

La variable pendiente se puede dividir en:

- Local cuando el dato que se obtiene en un punto concreto. Cuanto mayor resolución se tenga mejor información se obtendrá
- Continua cuando la información se obtiene, longitudinalmente, en un tramo homogéneo concreto. También a menor tamaño de pixel, mayor precisión.
- Media cuando hace referencia a toda la cuenca.

Para la realización de este trabajo se ha utilizado la pendiente continua del cauce con un MDE 5x5 m. con los dos modelos: ráster y vectorial.

4.4.1. Cálculo de pendientes en ArcGIS

En ArcGis el procesamiento de datos para hallar la pendiente (*Arctoolbox / 3D Analyst / Ráster Surface / Slope*) funciona calculando el cambio de valor de una celda con sus vecinas, desde la que tiene más valor a la de menor valor en altura mediante una ventana Kernel de 3x3. El programa nos permite calcularla tanto en grados como en porcentaje (Figura 11). El porcentaje de pendiente lo calcula dividiendo la diferencia de alturas entre dos puntos (dos celdas contiguas) y la distancia longitudinal entre ellas y multiplicando el resultado por 100 (ArcGis Resource Center):

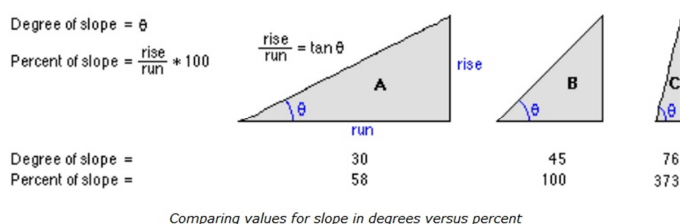


Figura 11. Cálculo de pendientes en ArcGis. Información de la web de recursos de ArcGIS (ArcGIS Resource Center)

El algoritmo para hallar la tasa de pendiente que nos da ArcGis en su página es:

- Para el cálculo de las X:

$$slope_radians = ATAN (\sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)})$$

- Para el cálculo de las Y:

$$slope_degrees = ATAN (\sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)}) * 57.29578$$

$$57.29578 = 180/\pi$$

El procedimiento de cálculo se lleva a cabo mediante una ventana Kernel de 3x3 celdas (Figura12).

a	b	c
d	e	f
g	h	I

$$[dz/dx] = ((c+2f+i)-(a+2d+g)) / (8 * \text{tamaño de la celda})$$

$$[dz/dy] = ((g+2h+i)-(a+2b+c)) / (8 * \text{tamaño de la celda})$$

Figura 12. Proceso de cálculo de pendientes en ArcGIS. Información de la web de recursos de ArcGIS (*ArcGIS Resource Center*)

4.4.2. Pendiente mediante modelo ráster

El primer río con el que se ha trabajado ha sido el A. Subordán y se ha repetido el procedimiento con el Huerva por lo que la explicación se referirá al primero.

Para trabajar mediante un modelo ráster desde una polilínea, lo primero que se ha hecho ha sido generar un Buffer (*Analyst Tools / Proximity / Buffer*) para considerar todo el cauce y no perder información, puesto que hay que transformar la línea en celdas de 5 m. (resolución del MDE). Para el tamaño del buffer se ha considerado varias distancias: 15, 20 y 40 m. (Figura 13). Puesto que el río no tiene la misma anchura en cabecera que en desembocadura finalmente se ha optado por los 15 m. que se ajustan mejor a la media de la anchura del río. Para el río Huerva se ha elegido la misma distancia de buffer.



Figura 13. Buffer del Talweg con 15, 20 y 40 m. de distancia.

El proceso seguido en ArcGis (Figura 14) ha sido en primer lugar la transformación del Buffer en ráster (*Conversión Tools / To Raster / Polygon To Raster*). La extracción de los datos del MDE (*Spatial Analyst Tools / Extraction / Extract by Mask*) que se han convertido a números

enteros para favorecer las operaciones y poder ver la tabla de atributos. La pendiente se ha calculado en porcentaje.



Figura 14. Proceso de formación de la capa de pendientes (rutina ráster).

Una vez calculada la pendiente se le han aplicado filtros de paso bajo (3x3 y 7x7) (*Spatial Analyst tools / Neighborhood / Block Statistics*) (figura 14) para corregir la excesiva fragmentación que se produce al realizar los cálculos celda a celda con esta resolución del MDE.

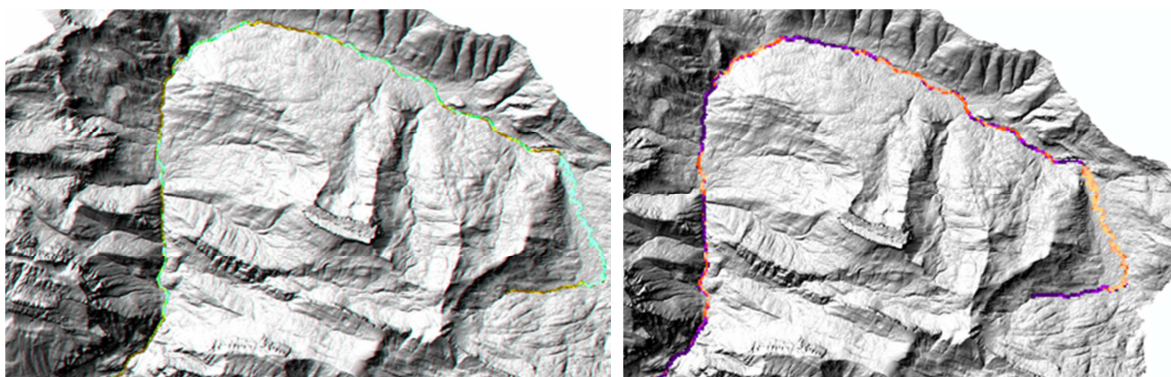


Figura 15. Filtro 3x3(izda.) y filtro 7x7 (dcha.) reclasificados en 5 categorías.

Tras estos procesos se ha realizado una reclasificación de los valores en 5 categorías en la capa en la que se ha realizado el filtro de 3x3. La reclasificación ha seguido los criterios marcados en el trabajo de referencia (Horacio, 2010). El autor nos habla de las clasificaciones de López-Cadenas y Blanco-Críado (1976), King (1962), Savigear (1965), Dalrymple et al (1968), Young (1972) y Pedraza (1996). Se ha optado por dividir el porcentaje de pendiente en: 0 al 4% llana, 4.01 al 8% suavemente inclinado, 8.01 al 16 % inclinado, 16.01 al 30% moderadamente inclinado y una pendiente mayor al 30% muy elevada. El resultado se ha transformado en un vector donde los tramos se pueden diferenciar (Ver Anexo I) aunque algunos son excesivamente pequeños.

4.4.3. Pendiente mediante modelo vectorial

Se ha utilizado el cálculo de la pendiente continua, es decir la que se establece desde los puntos máximo y mínimo de un tramo y se ha calculado mediante la fórmula:

$$(A. \text{Máx.} - A. \text{mín.} / D) * 100$$

Dónde:

A. máx.: el punto de mayor altura del tramo

A. mín.: punto de menor altura del tramo

D: distancia entre los dos puntos

La exactitud de este procedimiento dependerá, como casi todo el trabajo, de la resolución del MDE empleado.

El procedimiento seguido en esta rutina vectorial (ArcGis) ha sido dividir la polilínea de cada río en segmentos de 100, 250 y 500 m. (*Edit / Split*). Se ha convertido a puntos cada segmento (*Data management / Feature / multipart to simplepart*) y (*Data management / Feature / Feature to point*) y se han extraído los valores de altura del MDE en cada uno de ellos (*Spatial Analyst Tools / Extraction / Extract Value to Points*). De la tabla de atributos se ha llevado a Excel, en formato .xls, y se ha calculado el porcentaje de pendiente.

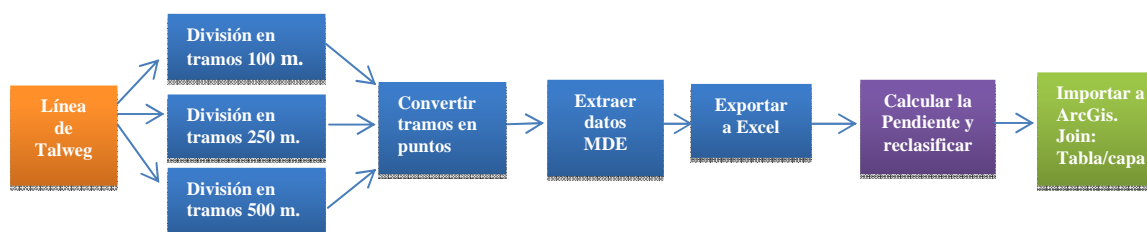


Figura 16. Rutina para el cálculo de las pendientes. Rutina vectorial.

La reclasificación se ha obtenido en las tres longitudes de segmentación del río y con diferentes umbrales. Se ha probado con las reclasificaciones de Horacio (2012) y se ha optado por la clasificación nº 4 pues se puede mantener en los dos ríos. En la tabla 3 se puede ver un ejemplo de clasificación con los tramos de 500 m. en el río Huerva. (Anexo II)

Tabla 3. Tipos de clasificación en tramos de 500 m. del río Huerva. Basada en Horacio (2010).

Reclasificación 1	< 4	4 a 8	8 a 16	16 a 30	>30
Nº Tramos (500m.)	296	2	1	0	0
Km	148	1	0.5	0	0
Reclasificación 2	< 1	1 a 4	4 a 10	>10	
Nº Tramos (500m.)	251	44	3	0	
Km	125.5	22	1.5	0	
Reclasificación 3	< 0.5	0.5 a 2	2 a 10	>10	
Nº Tramos (500m.)	119	171	8	0	
Km	59.5	85.5	4	0	
Reclasificación 4	< 0.5	0.5 a 1	1 a 3	3 a 6	> 6
Nº Tramos (500m.)	119	132	43	3	1
Km	59.5	66	21.5	1.5	0.5

4.5. Geomorfología del cauce

El cauce o lecho de un río según George (2004) *es el trazado de corriente de las aguas de un río o de un arroyo*. Se divide en lecho menor, o por donde discurre el agua permanentemente, y lecho mayor donde solo con las crecidas llega a tener agua. Para Muñoz (2000) los cauces son las líneas formadas por los puntos más bajos del *campo geomorfológico*, donde tienden a acumularse tanto las aguas como los sedimentos provocados por la erosión de áreas contiguas. Es un tipo de relieve dentro del sistema fluvial para el transporte de caudal, tanto sólido como líquido, y su forma se supedita a su función (Ollero, 2007). Está en continuo proceso de cambio que genera, como dice

Schumm (1977) o Conesa (1999) diferentes tipos de cauces: simples o múltiples cuando el cauce se divide. Puede adoptar una forma rectilínea, meandriforme, trenzada, anastomosada o braided. Se puede estudiar tanto el cauce menor como el mayor; lo más estudiado ha sido el cauce menor por científicos tanto desde un punto de vista hidráulico como biológico, ecológico o geomorfológico (Petts & Amoros, 1996).

La forma del cauce surge *de la combinación de todas las características naturales de la cuenca y de los procesos geomorfológicos acaecidos en ella* (Horacio, 2010 de Díaz & Ollero, 2005). Todos los procesos tanto la agravación/desagradación, laminación o erosión como dicen Tricart (1974), Wolman & Gerson (1978), Fernandez-Bono et al (1996) y Ollero (2007) pueden ser utilizados como parámetros a medir, sobre los impactos, en todo el sistema fluvial.

Las clasificaciones más citadas son las de Leopold & Wolman (1957) que divide los cauces en tres tipos: recto, trenzado y meandriforme. Posteriormente multitud de autores han modificado o ampliado esta clasificación (Schumm, 1963; Galay et al., 1973; Mollard, 1973; Brice, 1975; Kellerhals et al.; 1976; Rust, 1978; Morisawa, 1985; Montgomery & Buffington, 1993; Kondonlf, 1995; Petit, 1995; Schmitt, 2001, entre otros autores). La metodología de Rosgen (1994, 1996) es muy utilizada aunque controvertida.

Unos de los problemas que se plantean al realizar este tipo de trabajos, desde una metodología SIG a partir de Ortoimágenes, es la vegetación de ribera, pues no permite observar el cauce. Esto sucede en casi todo el trayecto del río Huerva, que semeja una gran pista vegetal a lo largo de todo su recorrido. Si no se puede ver el lecho, no se pueden clasificar desde una perspectiva geomorfológica todos sus aspectos, es decir no se puede saber si su cauce está formado por gravas o limos o bloques, o si está constituido por uno o más canales. Este problema solo se puede suplir con un estudio minucioso de todo el cauce mediante trabajo de campo, por ello en este trabajo se ha utilizado únicamente lo que permite el análisis de la Ortoimagen y a una escala en que la resolución sea adecuada. Por ello la escala utilizada ha sido 1:1000. Como en el río A. Subordán es posible ver el cauce, se ha hecho una clasificación contando con la variable: número de canales.

4.5.1. Índice de sinuosidad

Desde el trabajo de Leopold y Wolman (1957), como dice Conesa (1992), se han realizado numerosos intentos de clasificación de los cauces fluviales, no solo desde un punto de vista descriptivo sino diferenciando sus procesos, la sedimentología y las condiciones ambientales que intervienen en su evolución.

Miall (1977) publica una clasificación de los tipos de cauce diferenciando en primer lugar el tipo de cauce en los ríos con un canal y los que tienen más de uno, a su vez estos tipos son divididos en rectilíneo, ligeramente sinuoso y meandriforme, los cauces que tienen más de un canal se dividirán en trenzado y anastomosado y esta clasificación se realizará mediante el índice de sinuosidad.

El índice de sinuosidad se puede medir de diferentes formas, para Leopold y Wolman (1957) será el resultado de dividir la longitud del Talweg por la longitud del valle. Para Brice (1964) se dividirá la longitud del cauce por la longitud del eje central de meandros. Langbein y Leopold (1966) y siguiendo el discurso de Conesa (1992), los meandros son debidos a los diferentes cambios en el gasto de energía y al mayor o menor esfuerzo en el giro del cauce, aunque siempre teniendo en cuenta los factores topográficos. Muller (1978) propuso dos índices de sinuosidad con base en la sinuosidad del valle y del cauce, sinuosidad total (ST) y sinuosidad del valle (SV)

- Sinuosidad hidráulica: $SH = (ST - SV) * 100 / ST - 1$
- Sinuosidad topográfica: $ST = (SV - 1) * 100 / ST - 1$

Además se propone otra forma de hallar el índice de sinuosidad basado en la relación de la longitud del cauce y la longitud del eje central de meandros (Brice, 1964).

Los umbrales de sinuosidad cambian según los autores que se consulten, así para Morisawa (1985) los tramos se dividen en rectilíneo si es <1.05 , sinuoso si oscila entre 1.05 y 1.5 y meandriforme si es > 1.5 . También Leopold & Wolman (1957) o Rust (1978) consideran un cauce meandriforme si su índice es superior a 1.5. Para Schumm (1981) lo será si es superior a 1.25 y Rosgen (1994, 1996) lo establece en 1.4. Parece que se ponen de acuerdo en considerar un tramo recto siempre que su índice sea inferior a 1.05.

En este trabajo se ha optado por establecer cuatro tipos siguiendo los trabajos de Schumm (1981), Díaz y Ollero (2005) y Ollero (2007): < 1.05 recto, de 1.05 a 1.3 sinuoso, de 1.3 a 1.5 moderadamente meandriforme y > 1.5 meandriforme.

Para su cálculo en ArcGis se han dividido ambos ríos (*editor/menú edición/ Split*) en tramos de 500 m. con lo que se han obtenido, en el caso del A. Subordán 111 tramos, y en el Huerva 299. Se ha medido la distancia del valle en cada tramo (*herramienta: measure*) añadiendo la información a la tabla de atributos y se ha abierto una nueva columna en esta donde se ha calculado el índice dividiendo la distancia de cada tramo del cauce y la distancia del valle. Todo ello se ha reclasificado en los cuatro tipos que se han descrito anteriormente. El resultado se puede ver en la tabla 4.

Tabla 4. Información estadística del índice de sinuosidad en los ríos Huerva y A. Subordán.

	Tipo	Nº tramos	% total	Km	Media	Desviación t.
Huerva	Recto (< 1.05)	51	17%	25	1.03	0.01
	Sinuosos(1.05-1.3)	144	48%	71	1.16	0.07
	M. Meandriforme (1.3-1.5)	55	18.5%	27.5	1.38	0.05
	Meandriforme (>1.5)	49	16.5%	24.5	1.86	0.48
A. Subordán	Recto (< 1.05)	24	22%	12	1.03	0.07
	Sinuosos(1.05-1.3)	75	68%	34	1.11	0.05
	M. Meandriforme (1.3-1.5)	4	4 %	2	1.40	0.05
	Meandriforme (>1.5)	8	7%	4	2.06	0.32

4.5.2. Tipo de canal.

Esta clasificación de los ríos hace referencia a los factores de erosión, transporte y sedimentación, es decir como estos procesos modelan el cauce. Con la acción de transporte, el río moviliza una gran cantidad de materia sólida de tres formas, en disolución, en suspensión y como carga de fondo, dependiendo de la granulometría del material (Strahler, 2005). Esto hace que el lecho del río tenga unas características u otras en función de la litología, la pendiente y la velocidad del canal, el tamaño de los sedimentos y su rugosidad, además de la actividad del hombre, o la climatología de la región donde se encuentre entre otras razones. Así los canales pueden estar compuestos en su lecho de bloques, cantos, gravas o limos y arcillas. No se han tenido en cuenta pues, los transportes en suspensión o disolución por requerir de otro análisis. Se puede ver si un río tiene más o menos turbidez pero no constatar, sin un análisis más riguroso, que tipo de materiales lleva en suspensión.

Este trabajo se ha basado en el análisis con ortoimágen por lo que se ha limitado a lo que se podía analizar con ellas y por tanto, esto ha originado un problema añadido en esta clasificación. En el río Huerva no ha sido posible la discriminación del lecho del cauce por estar fuertemente cubierto por la vegetación de ribera en prácticamente en todo su recorrido (Figura 17). En el A. Subordán ha sido un poco más sencillo pero a la escala (1:1000) en la que se ha trabajado, el tamaño real de los sedimentos es difícil de discriminar, no se diferencian las gravas, los cantos, incluso los bloques. Por consiguiente no se ha implementado esta característica de los cauces en ninguno de los dos ríos.



Figura 17. Recorte de Ortoimágenes río A. Subordán (izda.) y Huerva (dcha.)

4.5.3. Número de canales

Esta clasificación hace referencia al número de divisiones que se producen en algunos tramos del cauce, por el aporte sedimentario, en el centro o en las orillas formando isletas o barras de un mayor o menor tamaño y que se pueden convertir en estables o no. Numerosos autores establecen un índice que mide los canales teniendo en cuenta el número de islas y el carácter de estos canales trenzados o braided (Brice, 1964; Howard et al., 1970; Mosley, 1981; Friend & sSinha, 1993, entre otros). En los ríos de este trabajo sería excesivo, por sus características, hallar este índice. Si bien en el Huerva, río de canal único prácticamente en todo su recorrido, no se hace necesaria esta clasificación, en el A. Subordán sí que se han diferenciado. Se ha digitalizado una capa del río con la división de los tramos que tienen un canal o los que tienen más de uno y se ha añadido a la clasificación final dando un atributo más a los tramos ya clasificados.

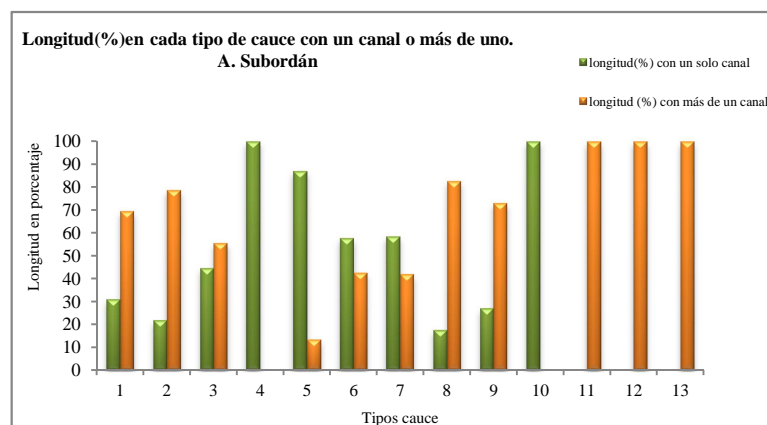


Figura 18. Porcentaje de longitud en cada tipo de cauce con un canal o más en el río A. Subordán.

4.5.4. Resultado pendiente y geomorfología del cauce.

Se ha cruzado la información de pendiente y sinuosidad de ambos ríos. La pendiente se había clasificado en cinco categorías y la sinuosidad en cuatro, el resultado es una variedad de tipos que ha sido nuevamente reclasificada, en el A. Subordán en 6 tipos de cauce, en el caso del Huerva en 5 tipos. Esta reclasificación se ha hecho uniendo los tipos más similares como se puede ver en la Figura 19 con las clases del río A. Subordán y el resultado en la Figura 20 y 21.

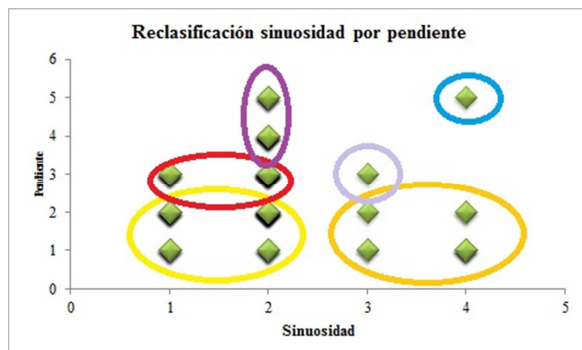


Figura 19. Proceso de reclasificación de los datos de pendiente y sinuosidad en el río A. Subordán

Sinuosidad	- 1. Recto	- Recto o sinuoso con pendiente <1%
	- 2. Sinuoso	
Pendiente	- 3. Moderadamente meandriforme	- Recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%
	- 4. Meandriforme	
Pendiente	- 1. Llano (<0.5%)	- Moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente <1%
	- 2. Muy poco inclinado (0.5-1%)	- Moderadamente meandriforme con pendiente entre 1 y 3%
	- 3. Poco inclinado (1-3%)	- Sinuoso con pendiente >3%
	- 4. Inclinado (3-6%)	- Meandriforme con pendiente >6%
	- 5. De moderado a muy inclinado (>6%)	

Figura 20. Tipos de cauce en el río A. Subordán.

En el río Huerva no se han considerado ni el número de canales ni la composición del lecho del cauce por no poder interpretarlas con las ortoimágenes y la escala de trabajo. En el A. Subordán se ha considerado, sí el cauce está constituido por un solo canal o por más de uno, pero solo en la tipología resultado de la unión de valle y cauce.

El procedimiento en ArcGis ha sido, cruzar la información de pendiente y sinuosidad mediante todas las posibles combinaciones con selecciones y lenguaje SQL. El resultado ha sido 14 de las 30 combinaciones posibles que nuevamente se han reclasificado en 6 tipos de cauce (figura 20).

Sinuosidad	- Recto	- Recto o sinuoso con pendiente <1%
	- Sinuoso	
Pendiente	- Moderadamente meandriforme	- Recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%
	- Meandriforme	
Pendiente	- Llano (<0.5%)	- Recto o Sinuoso con una pendiente > 3 %
	- Muy poco inclinado (0.5-1%)	- Moderadamente meandriforme con pendiente entre 1 y 3 %
	- Poco inclinado (1-3%)	- Moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente <1%
	- Inclinado (3-6%)	
	- De moderado a muy inclinado (>6%)	

Figura 21. Tipos de cauce del río Huerva.

5. RESULTADOS DE TIPOLOGÍA DE LOS RÍOS A. SUBORDÁN Y HUERVA.

La parte final del trabajo ha sido encontrar una metodología para unir la información y poder clasificarla y que ayude a entender como son los diferentes tramos de estos ríos. Se han utilizado diferentes procedimientos con diferentes resultados. El primero ha sido convertir toda la información de vectorial a ráster para, posteriormente, multiplicar las capas que contienen dicha información del valle, por un lado, y por otro las que contienen la información del cauce. Esto ha dado como resultado 9 tipos de valle y otros 9 tipos de cauce, en ambos ríos, y que a su vez han sido cruzados entre sí para dar como resultado 17 clasificaciones diferentes en río. Esto ha producido errores en cada uno de los cruces pues, el programa ha adjudicado tipos de valle o cauce inversos, es decir, ha incluido el valle tipo 1 con cauce tipo 5 y el valle tipo 5 con cauce tipo 1 dentro de una misma clase geomorfológica, o lo que es lo mismo, un valle muy encajado de fondo estrecho ,cauce meandriforme con pendiente $>6\%$, se ha incluido junto con un valle abierto de fondo ancho, cauce recto o sinuosos con pendiente $<1\%$ dentro de una misma clase, lo que origina un error importante. Por ello se descartó este método.

Otra forma de ejecutar las uniones ha sido en forma vectorial y mediante selecciones y lenguaje SQL. Se ha pensado que, puesto que se tienen 4 fuentes de información con las que trabajar, se pueden cruzar directamente mediante la combinación de todas ellas. Esto ha dado un resultado excesivamente amplio, poco claro y que requiere un reclasificación final muy profunda.

Por último se ha optado por realizar las uniones de las capas de información dos a dos, es decir, por un lado la forma del valle con la unión del índice de encajamiento y la longitud del fondo del valle, y por otro lado, la forma del cauce con la unión del índice de sinuosidad y la pendiente de este. Cada uno de los resultados se ha reclasificado para reducir el número de tipos de tal forma que, aunque se pierde información, y esta pasa a ser cualitativa, con un sesgo de subjetividad considerable, parece la forma mejor de sintetizar toda la información y que el resultado final sea más claro. Los resultados obtenidos, tanto de valle como de cauce han sido, 5 tipos de valles y 6 tipos de cauces. De las 30 posibles combinaciones, 13 se dan en el A. Subordán y 15 en el Huerva.

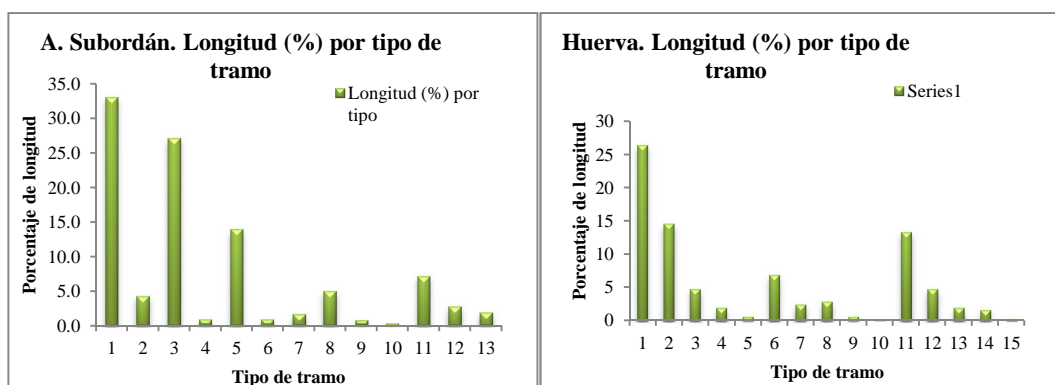
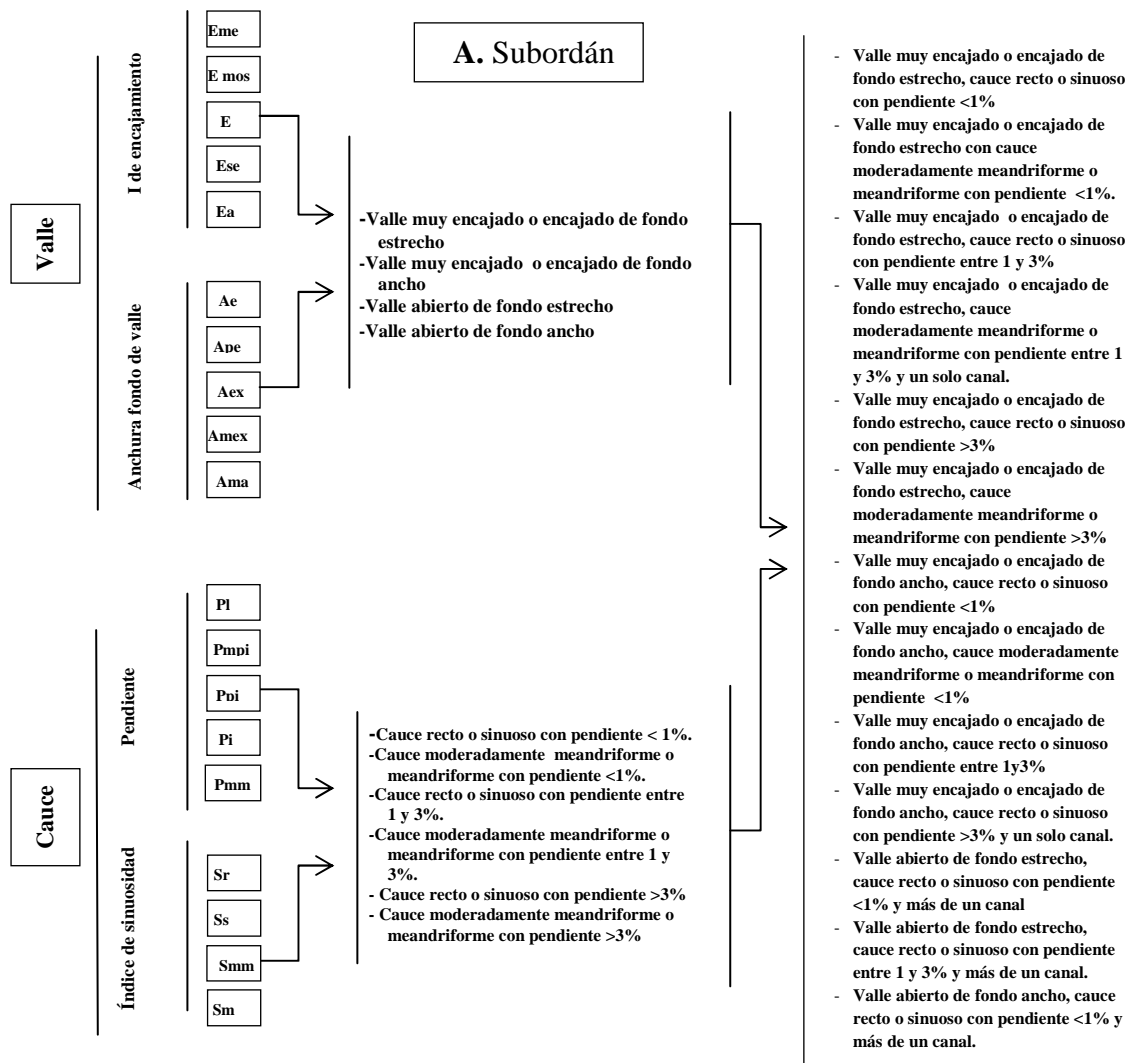


Figura 22. Longitud por cada tipología de los ríos A. Subordán y Huerva en porcentaje.

El criterio que se ha seguido para las reclasificaciones ha sido, por un lado contabilizar los tipos existentes en cada uno de los cruces de datos, y unir los que se asemejan o tienen un comportamiento parecido, y por otro lado, se ha tenido en cuenta la mayor presencia de un tipo u otro en el río, por tanto, aspectos cuantitativos y cualitativos. El resultado de cada uno de los ríos se puede ver en las tablas de la figuras 23.



IE	Índice de encajamiento	P	Pendiente
Eme	Muy encajado	Pl	Llano
Emoe	Moderadamente encajado	Pmpi	Muy poco inclinado
E	Encajado	Ppi	Poco inclinado
Ese	Suavemente encajado	Pi	Inclinado
Ea	Abierto	Pmm	De moderado a muy inclinado
FV	Anchura fondo de valle	S	Índice de sinuosidad
Ae	Valle estrecho	Sr	Recto
Ape	Valle poco extenso	Ss	Sinuoso
Aex	Valle extenso	Smm	Moderadamente meandriforme
Amex	Valle moderadamente extenso	Sm	Meandriforme
Ama	Valle muy amplio	NC	Número de canales
C2	Un canal o más de un canal	C1	Único canal

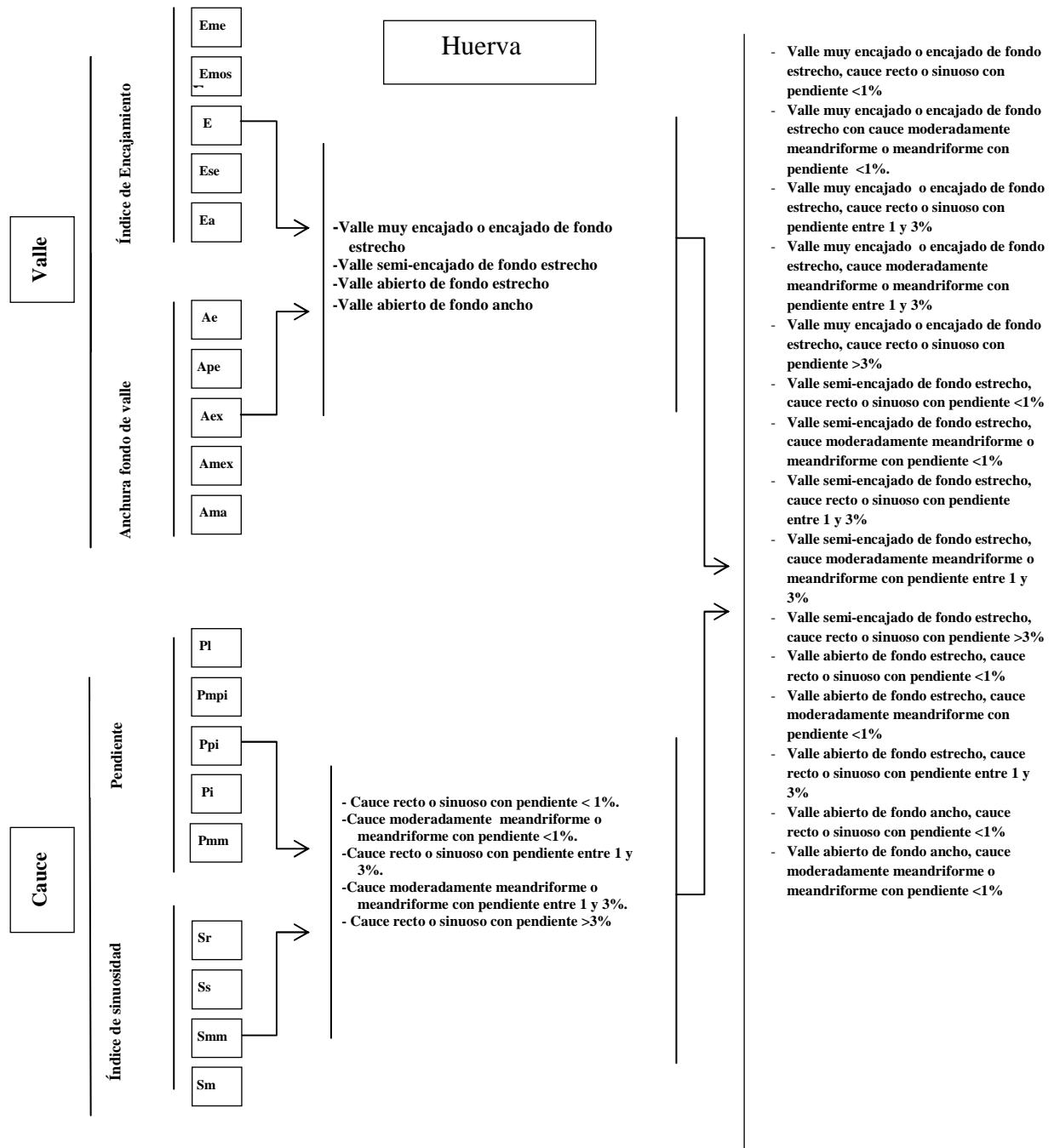


Figura 23. Tipología de los ríos A. Subordán y Huerva. Acrónimos utilizados.

5.1. Análisis de los resultados en el río A. Subordán

El A. Subordán tiene una longitud de 55 Km. Con esta clasificación se ha obtenido una división en 198 tramos que se asocian en 13 tipos diferentes. Para analizar los resultados en el A. Subordán se han tenido en cuenta tres criterios:

- a. Tipos con mayor longitud en el río.
 - b. Tipos con menor longitud en el río. Singularidad.
 - c. Tramos similares en una misma zona.
- a. El 75% de la longitud en el A. Subordán corresponde a los tipos 1, 3 y 5:
- T. 1- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente $<1\%$
 - T. 3- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%
 - T. 5 -Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente $>3\%$



Figura 24. A. Subordán. Tipos 1, 3 y 5. Fotografía correspondiente a un tramo de tipo 5, al fondo tipo 3

Una de las diferencias entre estos tres tipos la encontramos en la pendiente, esta varían entre tramos con menos de 1% y tramos con más del 3% de pendiente. La pendiente media del río es de 2.2 % pero hay algunos tramos con una pendiente muy elevada, de hasta el 23 % (figura 24).

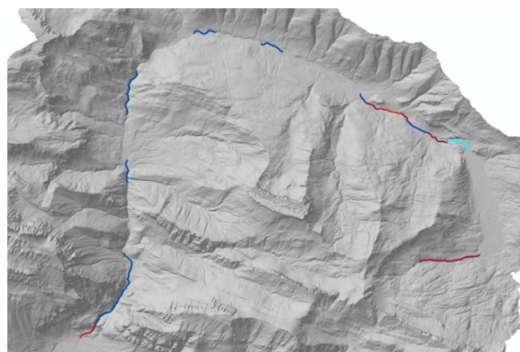


Figura 25. Tipos 1, 3 y 5. Tramos con una pendiente superior al 6%. En azul oscuro el tipo 5, en rojo los tramos con pendiente $>6\%$, en azul claro (selección) pendiente $>23\%$

Los tramos que corresponden a una mayor pendiente son, la cabecera del río con una pendiente media del 13%, el tramo de salida de Aguas tuertas donde la pendiente es de más del 23% (tramo en azul claro en la figura 25), el tramo inmediatamente posterior donde la pendiente descende pero sigue siendo importante (8% de media en el tramo), y por último el tramo de salida de la Selva de Oza con una pendiente del 16.5%.

Otra de las diferencias dentro de los tipos 3 y 5 es la zona con mayor encajamiento y un fondo de valle muy estrecho, de menos de 50 m. Estos tramos están en zonas calizas donde el río se encañona formando estrechos como los de la Selva de Oza o la Boca del infierno.

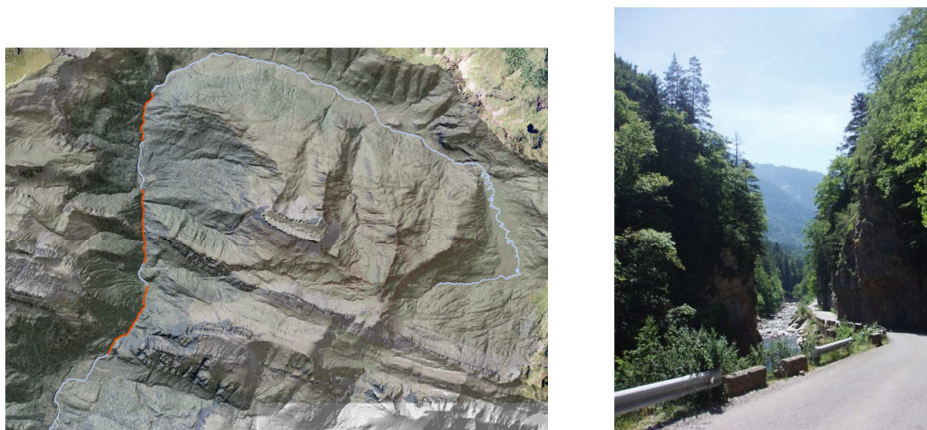


Figura 26. Tramos del río, muy encajados o encañonados. Selección de los tramos. Foto de detalle.

- b. Tipos con menor longitud. Se ha considerado importante el análisis de los tipos que no excede al 1% de la longitud del río. Son los tipos 4, 9, 10 y 6. Se definen como:
 - T. 4. Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente entre 1 y 3%.



Figura 27. Tipo 4. Situación en la cuenca y ortoimágen.

Tiene una longitud de 0.5 Km. (0.9% de la longitud del río). Es un tramo con una pendiente en torno al 1%, en un valle que se hace más amplio tras una zona de estrechamiento y encajamiento muy importante. Es una zona del río con depósitos de sedimento, con varios canales y barras laterales, donde se han formado dos meandros. Los depósitos de sedimentos se localizan en las zonas donde el río ejerce menor energía, donde ésta es mayor el cauce hace una labor de zapa o erosión de las orillas.

- T. 9. Valle muy encajado o encajado de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre el 1 y 3%.



Figura 28. Tipo 9. Situación en la cuenca. Tramo 1(en el centro). Tramo 2 (izda.)

Tiene una longitud de 0.4 Km. en dos tramos. Los dos tramos son sensiblemente diferentes, en el primer tramo hay varios canales, es una zona de depósito de sedimentos con barras laterales, es un tramo braided con baja sinuosidad; el segundo tramo tan solo tiene un canal. La forma del cauce es prácticamente recta en ambos.

- T. 10. Valle muy encajado de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente $>3\%$ y un solo canal.



Figura 29. Tipo 10. Detalle de Aguas Tuertas desde cabecera. Selección del tramo correspondiente.

Tiene una longitud de 0.2 km. Este tramo se sitúa entre el final del barranco de cabecera del río y el comienzo del llano de Aguas Tuertas. Son apenas 200 m. con un índice de sinuosidad de 1.1. Está en un tramo de valle de fondo ancho pero con unas laderas que tienen las alturas mayores de la cuenca lo que hace que el índice de encajamiento sea casi 12.

T. 6. Valle muy encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente $>3\%$.

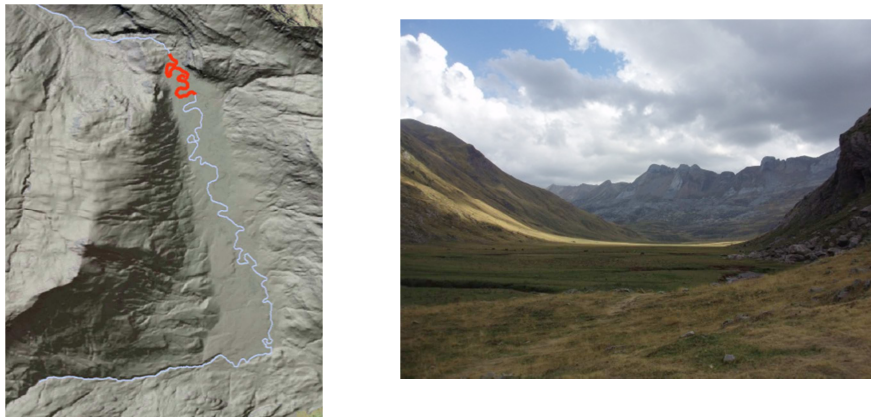


Figura 30. Tipo 6. Selección del tramo. Fotografía desde el dolmen de Aguas Tuertas.

Tiene una longitud de 0.5 Km. Este tipo pertenece al tramo final del llano de Aguas Tuertas. Tiene una pendiente del 13.6% y el fondo del valle en este punto mide unos 75 m. Su índice de encajamiento es del 8.8 y la forma del cauce es claramente meandriforme con un índice de sinuosidad de 2.5.

En todo el tramo de Aguas Tuertas el río zigzaguea y forma numerosos meandros, es un fondo de valle amplio, con pendientes poco acusadas excepto en los dos extremos, la zona que se une al barranco de cabecera y la zona final donde se estrecha el valle y la pendiente se vuelve muy pronunciada.

- c. Tramos similares en una misma zona Hay una serie de tipos clasificados con características parecidas en el tramo final del río; todos los tramos tiene un valle abierto, son los tipos 11, 12 y 13. Se definen como:
- T. 11. Valle abierto de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente $<1\%$ y más de un canal.
 - T. 12. Valle abierto de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3% y más de un canal.
 - T. 13. Valle abierto de fondo ancho, canal recto o sinuoso con pendiente $<1\%$ y más de un canal.

Entre el tipo 11 y 12 la diferencia consiste en la pendiente; en el tipo 11 es del 0.8% y en el tipo 12 es del 1.4%, ligeramente superior, lo que hace que se clasifiquen dentro de diferentes tipos, el umbral se ha establecido en 1%.

El tipo 13 tiene el fondo de valle ancho en contraposición con los otros dos tipos que lo tienen estrecho. La variación no es mucha, va desde los 28 m. en las secciones más al norte de los tres tipos y los 46 m. de la desembocadura. En los tramos centrales la anchura es de 55 a 67 m. lo que hace nuevamente que estos tramos se clasifiquen en otro tipo pues el umbral de corte está en 50 m.

Además tienen una característica en común, la forma del cauce es Braided o trenzado, con varios canales entre una gran carga de material sedimentario, que forman barras laterales e islas en el centro del cauce, que en ocasiones están colonizadas por vegetación que las hace más estables. El material sedimentario que ha llegado hasta la desembocadura, gravas y arena, tiene una granulometría media, son de menor tamaño del que se puede ver en los tramos medios y sobre todo en los tramos de cabecera del río.



Figura 31. Tipos 11, 12 y 13. Tramos de la desembocadura del A. Subordán.

5.2. Análisis de los resultados en el río Huerva

El río Huerva tiene una longitud de 148 Km. Con esta clasificación se ha obtenido una división en 347 tramos que se asocian en 15 tipos diferentes. En el río, 24 Km. (56 tramos) pertenecen a secciones urbanas o semiurbanas. En todo el Huerva, 91 Km tienen menos de 50 m. de anchura de valle. Hay que tener en cuenta que, en los últimos tramos clasificados, sin tener en cuenta los tramos urbanos o semiurbanos, los datos de máxima altura se han tomado desde las primeras terrazas del río. La pendiente en la mayoría del cauce es de menos del 1%. Para analizar los resultados se han tenido en cuenta los mismos criterios que en el A. Subordán:

- a. Tipos con mayor longitud en el río.
 - b. Tipos con menor longitud en el río. Singularidad.
- a. Los tipos clasificados con mayor longitud en el río y que suponen el 65% del total son el 1, 2 y 11 que se definen como:
 - T1. Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con una pendiente $<1\%$
 - T2. Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente $<1\%$
 - T 11. Valle abierto de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente $<1\%$

El tipo 1 supone el 31.5 % del total del río clasificado, poco más de 39 Km en 90 tramos, que en su mayoría se encuentran en la sección media del río. Estos tramos tienen una media de anchura de valle de 38 m

El tipo 2 está compuesto por 52 tramos y tiene una longitud de 21 Km (el 17 % de la longitud del río). Se sitúa junto a los tramos del tipo 1, en la sección media del río, se diferencian por la sinuosidad del cauce, que en este tiene una media de 1.55. Hay 7.5 Km que tienen una sinuosidad mayor al 1.5 y entre estos, hay tres tramos con más de 2. Con una sinuosidad mayor de 1.5 se considera que el cauce es meandriforme.

Dentro de estos dos tipos están los tramos más encajados o encañonados del río y también los embalses de Las Torcas y Mezalocha. La situación de los embalses en estos puntos se debe, por un lado al mayor encajamiento del río, lo que facilita su construcción, y por otro a la litología en la que están localizados, el embalse de Las Torcas en el contacto de arcillas y conglomerados y el embalse de Mezalocha en calizas excepto su tramo final que se encuentra en areniscas.

El tipo 11 tiene 45 tramos y supone el 16% de la longitud del río clasificado. Lo localizamos en la segunda mitad del tramo de cabecera y en la parte inicial del tramo final del río (figura 32). En este tipo la diferencia estriba en el índice de encajamiento del valle, que lo clasifica como valle abierto. La media de este índice aquí, es de 43.5 pero hay tramos que llegan a tener casi el doble (78). Se ha clasificado como valle abierto el tramo que tiene más de 40 en este índice.

La pendiente en los tres tipos es inferior al 1%. La pendiente media del río es de 0.72%.

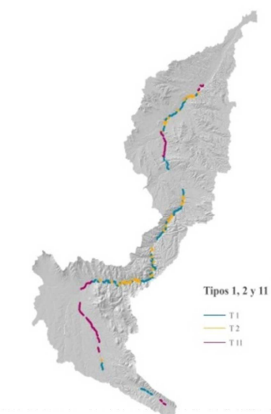


Figura 32. Tipos 1, 2 y 11 del río Huerva.

b. Tipos con menor longitud. Se ha considerado importante el análisis de los tipos que no excede al 1% de la longitud del río. Son los tipos 5, 10 y 15. Se definen como:

- T.5. Valle muy encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente $>3\%$
- T.10. Valle semiencajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente $>3\%$
- T.15. Valle abierto de fondo ancho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente $<1\%$

El tipo 5 y el 10 se caracterizan por tener una pendiente superior al 3%. El T.5 tiene una longitud de 1Km y el T.10 tan solo 36 m. (figura 33). Los dos tramos que pertenecen al T 5 se sitúan, uno en el embalse de Mezalocha y su presa y el otro en un tramo anterior al embalse de las Torcas. El tipo 10 corresponde a la cabecera del río.

El tipo 15 tiene como características un valle ancho de fondo ancho, está en la zona más amplia de todo el valle del Huerva y que corresponde a la meseta de Campo Romanos.

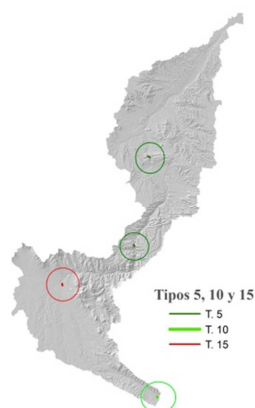


Figura 33. Tramos con menor longitud. Tipos 5, 10 y 15

6. COMPARACIÓN ENTRE LA DIVISIÓN EN TRAMOS DEL RÍO A. SUBORDÁN DE LA HIPÓTESIS DE PARTIDA Y EL RESULTADO EL TRABAJO

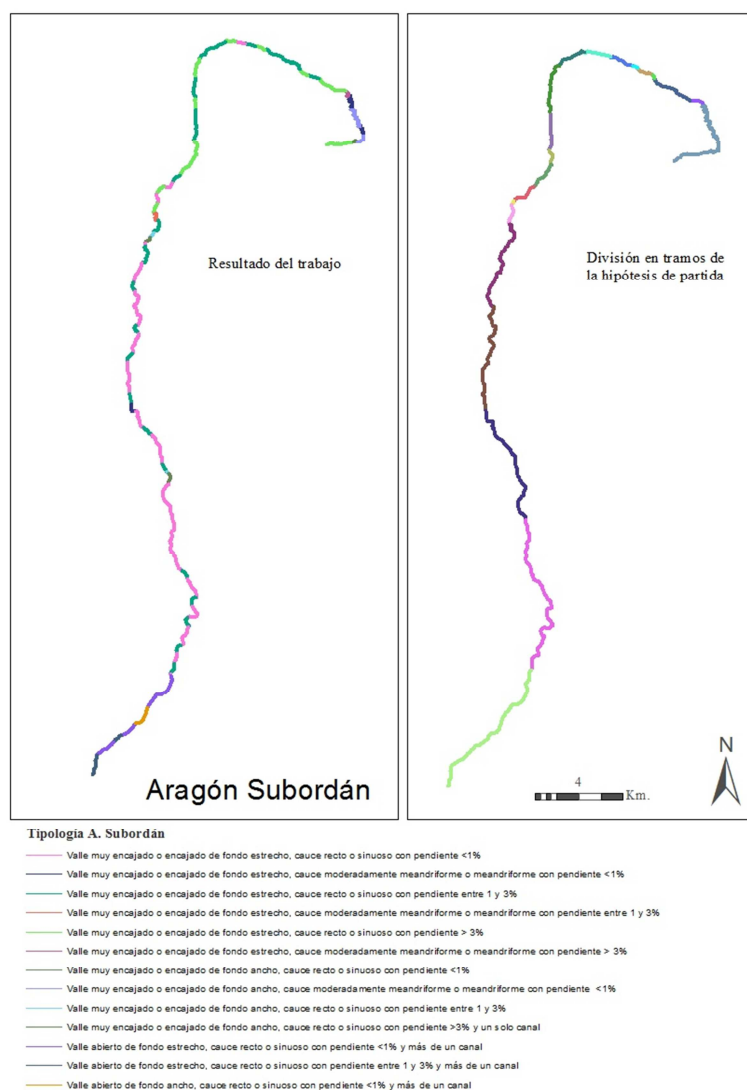


Figura 34. Mapa comparativo de la división en tramos de la hipótesis de trabajo y el resultado.

La división por tramos llevada a cabo al principio del trabajo y que ha servido de hipótesis es menos precisa que la que se ha obtenido con el trabajo elaborado con el SIG. Al comparar cada tramo con el resultado final se puede ver como hay 7 tramos en los que solo corresponden a un tipo de la clasificación final, 9 tramos con 2 tipos diferentes, 1 tramo de 3 tipos y 4 tramos con hasta 5 tipos diferentes (anexo III). Por ejemplo en el tramo 17 de la primera división hay 5 tipos diferentes de valle y cauce:

- T-1: Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1%.
- T-3: Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%.
- T-4: Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente entre 1 y 3%.
- T-7: Valle muy encajado o encajado de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1%.

- T-9: Valle muy encajado o encajado de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%.

Hay que tener en cuenta que los criterios seguidos para la primera división son puramente descriptivos o cualitativos mientras que para la clasificación que se ha seguido en el trabajo los criterios han sido en principio cuantitativos aunque las reclasificaciones tienen un sesgo cualitativo.

7. CONCLUSIONES

De este trabajo se pueden extraer dos tipos de conclusiones, metodológicas y de fondo (del tema expuesto). En cuanto a las metodológicas cabe destacar que los cálculos que realiza el SIG facilitan enormemente la labor de análisis pues ofrecen unos resultados claros en poco tiempo; no obstante hay que tener en cuenta que deben de ser comprobados para no cometer errores.

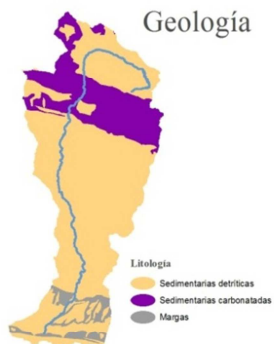
- La utilización de MDE de 5x5 genera cálculos muy exhaustivos y más próximos a la realidad que un MDE de menor resolución pero esto también puede provocar errores que habrá que tener en cuenta.
- Este tipo de metodología facilita una visión del río en su totalidad en contraposición al análisis tramo a tramo donde es más difícil conseguirla, siendo, pues, más descriptiva que cuantitativa.
- Cuantas más características se analicen, será menor el tamaño de los tramos resultante por la sucesiva intersección entre cada una de ellas, además de inducir a errores por la subjetividad que se necesita para simplificar los resultados obtenidos con las sucesivas reclasificaciones y que nos llevará a crear una tipología más cualitativa que cuantitativa.
- El trabajo más costoso no está en la ejecución sino en la verificación de dicha ejecución. Para el cálculo de los cortes transversales empleado en el análisis de la forma del valle, se ha optado por realizarlos uno a uno para evitar posibles errores del sistema en la toma de datos de máximos y mínimos.
- La ejecución del método de clasificación propuesto por Horacio (2010) ha servido para ambos ríos aunque estos tengan características diferenciadas.
- Esta clasificación puede variar dependiendo de los parámetros que se midan por lo que no deja de ser una propuesta.
- La utilización de la ortoimagen presenta ventajas y desventajas; por un lado facilita el trabajo enormemente y por otro, como sucede con el río Huerva, no se puede apreciar el cauce, tan solo la vegetación de ribera por lo que es recomendable para una mayor fidelidad en la clasificación que se acompañe el trabajo de gabinete con el trabajo en campo.
- La clasificación descriptiva que se realizó en un principio puede contener errores, como se ha demostrado al compararla con el resultado del trabajo, pero puede ser muy útil como análisis prospectivo.
- La utilización de unos umbrales determinados hace que tramos de río muy similares sean clasificados de diferente forma. Es importante encontrar unos cortes en las variables que sean útiles para más de un río y que además sean significativos. Como se ha contemplado en el trabajo, ha habido tipos en los que el umbral elegido ha separado tramos con características muy parecidas.
- Los cálculos elaborados en ráster no han dado muy buenos resultados por la segmentación de los resultados, en parte por el MDE empleado para los cálculos, por lo que ha parecido mejor la utilización de los cálculos con las polilíneas vectoriales.

8. MAPAS CON LOS RESULTADOS

Poblaciones de la cuenca



Geología



Geomorfológico



Tipología río A. Subordán

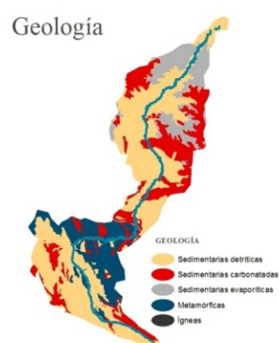
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente <1%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente entre 1 y 3%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente >3%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente >3%
- Valle muy encajado o encajado de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1%
- Valle muy encajado o encajado de fondo ancho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente <1%
- Valle muy encajado o encajado de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%
- Valle muy encajado o encajado de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente >3% y un solo canal
- Valle abierto de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1% y más de un canal
- Valle abierto de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3% y más de un canal
- Valle abierto de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1% y más de un canal

Fuente: MDE (CNIG) Mapas geológico, geomorfológico y ortoimágenes (SITAR). Elaboración propia. 2013

Clasificación geomorfológica A. Subordán



Figura 35. Mapa de tipologías del río A. Subordán



Tipología río Huerva

- Tramos urbanos o semiurbanos
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente <1%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente entre 1 y 3%
- Valle muy encajado o encajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente >3%
- Valle semiencajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1%
- Valle semiencajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente <1%
- Valle semiencajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%
- Valle semiencajado de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente entre 1 y 3%
- Valle semiencajado de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente >3%
- Valle abierto de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1%
- Valle abierto de fondo estrecho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente <1%
- Valle abierto de fondo estrecho, cauce recto o sinuoso con pendiente entre 1 y 3%
- Valle abierto de fondo ancho, cauce recto o sinuoso con pendiente <1%
- Valle abierto de fondo ancho, cauce moderadamente meandriforme o meandriforme con pendiente <1%

Fuentes: MDE (CNIG). Mapas geológico y geomorfológico y ortoimágenes (SITAR). Elaboración propia. 2013

Figura 36. Mapa tipologías del río Huerva.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Amoros, C. y Petts, G. E. (1993): "Hydrosystèmes fluviaux". *Collection Écologie*. Vol.24, pp. 110. Masson. Paris.
- Brierley, G. J. y Fryirs, K. A. (2005): "Geomorphology and river management." *Applications of the rivers styles framework*. Blackwell, 398 pp., Oxford.
- Brice, J. C. (1964): "Channel patterns and terraces of the Loup Rivers". *US Geological Survey Professional Paper*. Nebraska, 422-D
- Brice, J. C. (1975): "Air photo interpretation of the form and behavior of alluvial rivers". *Final report to the US Army Research Office*.
- Buffington, J. M. and Montgomery, D. R. (2003): "Geomorphic classification of rivers." En Schroder, J.; Wohl, E., ed. *Treatise on Geomorphology. Fluvial Geomorphology*, Vol. 9. San Diego, CA: Academic Press. pp. 730-767.
- Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG): Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Fomento. Gobierno de España. Pág. Web.
- Church, M. (2002): "Geomorphic thresholds in riverine landscapes." *Freshwater biology*. Vol. 47, pp. 541-557.
- Church, M. (2006): "Bed material transport and the morphology of alluvial rivers." *Annual Preview of Earth and Planetary Sciences*. Vol. 34, pp. 325-354.
- Conesa, C. (1999): "Trazados de baja y alta Sinuosidad en ríos españoles". *Papeles de geografía*. Vol. 18, pp. 9-29.
- Conesa, C. (1999): "Cambio ambiental y equilibrio dinámico de las cauces". *Papeles de Geografía*. Vol. 30, pp. 31-46.
- Conesa García, C. (1992): "Trazados de baja y alta sinuosidad en ríos Españoles". *Papeles de geografía*, Vol. 18, pp. 9-29.
- Dalrymple, J.; Long, R. y Conacher, A. (1968): "A hypothetical nine-unit land-surface model." *Zeitschrift für Geomorphologie*. Vol. 12, pp. 60-76.
- Díaz, E. y Ollero, A. (2005): "Metodología para la clasificación geomorfológica de los cursos fluviales de la cuenca del Ebro." *Geographicalia*. Vol. 44, pp. 23-45.
- Directiva 2000/60/CE
- Fernández-Bono J. F.; Ortiz- Andrés, E. y Domínguez-Sánchez, C. (1996): *Hidráulica fluvial*. U.P.Valencia. Pp. 352.
- Friend, P. F.; Sinha, R. (1993): "Braiding and meandering parameters." *Geological Society*. London. Vol. 75, pp. 105-111.
- Frissell, C. A.; Liss, W.J.; Warren, C.E.; Hurley, M. D. (1986): "A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context." *Environmental management*. Vol. 10 pp. 199-214.
- Galay V.J.; Kellerhals, R. y Bray, D.I. (1973): "Diversity of river types in Canada". En *Fluvial process and sedimentation*. National Research Council of Canada, pp. 217-250.
- George, P. (2004): *Diccionario Akal de geografía*. Madrid
- Guidance Standard CEN TC230/WG 2/TG 5:N32

- Henderson, F. M. (1963): "Some properties of the unit hydrograph". *Journal of Geophysical Research*. Vol. 68, pp. 4785-4793.
- Horacio, J. (2010): *Valoración hidrogeomorfológica de los sistemas fluviales mediante técnicas de información geográfica: aplicación en un ámbito atlántico*. Trabajo Fin de Master. Depto. Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.
- Horton, R.E. (1945): "Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology". *Bulletin of the Geological Society of America*. Vol. 56, pp. 275-370.
- Howard, A. D.; Keetch, M. E. y Vicent, C.L. (1970): "Topological and geomorphic properties of braided stream". *Water Resources Research*. Vol. 6, pp.1647-1688.
- Hunter, R.; Simon, I. (2063): *History of Hydraulics*. Edit. Dover Publications. New York.
- Hutton, J. (1788-1795): *Theory of the Earth*. Transactions of the Royal Society of Edinburgh.
- Kellerhals, R.; Church, M. y Bray, D.I. (1976): "Classification and analysis of river processes" *Journal of the Hydraulics Division*. Vol. 102, pp. 813-829. A.S.C.E.
- King, L. (1962): *The morphology of the earth: a study and synthesis of world scenery*. Edinburgh.
- Kondolf, G. M. (1995): "Geomorphological stream channel classification in aquatic habitat restoration: uses and limitations". *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. Vol. 5, pp. 127-141.
- Langbein, W. y Leopold, L.B. (1966): *River meanders: theory of minimum variance*. U.S. Govt. Washington.
- Leopold, L.B. y Wolman, M.G. (1957): "River channel pattern: braided, meandering and straight". *U.S.Geological Survey professional paper*. Vol. 282B, pp.39-85.
- Leopold, L.B.; Wolman, M.G. y Miller, J.P. (1964): *Fluvial processes in Geomorphology*. Freeman and Co. San Francisco. 522pp.
- López-Bermúdez, F. y Blanco- Criado, M. (1976): *Hidrología forestal*. Escuela Técnica
- Lyell, C. (1835): *Principles of Geology*. London.
- Mateo Lázaro, J. M. y Sánchez Navarro, J.A. (2003): "Análisis de circulación de crecidas mediante el programa SHEE. Aplicación a la cuenca del río Huerva. España." *Revista de la sociedad geológica de España*. Vol. 24 (3-4), pp. 187-195.Superior de Ingeniero de Montes. Madrid.
- Miall, A. D. (1977): *Fluvial sedimentology*. Canadian Soc. of Petro. Geologist. Calgar. 859 pp.
- Mollard, J. D. (1973): "Air-photo interpretation of fluvial features." *En Fluvial process and sedimentation*. National Research Council of Canada. 341-380 pp.
- Montgomery, D. R and Buffington, J. M. (1993): *Channel classification, prediction of channel response, and assessment of channel condition*. Department of Geological Sciences and Quaternary Research Center. University of Washington. Seattle.
- Montgomery, D. R and Buffington, J. M. (1997): "Channel-reach morphology in mountain drainage basins." *The Geological society of America*. Vol. 109, pp. 596-611.
- Montgomery, D. R and Buffington, J. M. (1998):"Channel Processes, classification, and response. En Naiman R, Bilby R, (eds). *River Ecology and Management*. New York: Springer-Verlag. pp. 13-42.
- Morisawa, M. (1985b): *River. Form and process*. K. M. Clayton, University of East Anglia. *Geomorphology*. Texts. Vol. 7, pp. 222.

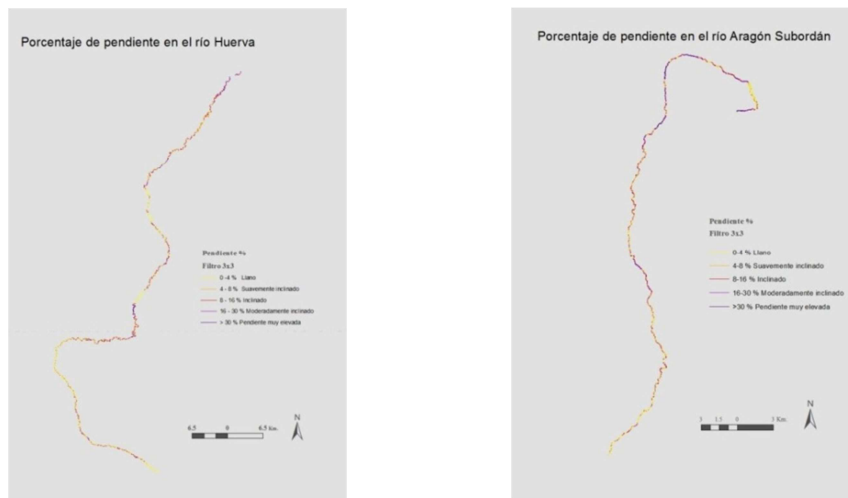
- Mosley, M.P. (1981): "Semi-determinate hydraulic geometry of river channels, South Island, New Zealand". *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 6, pp. 127-137.
- Muller, J. E. (1978): "An introduction to the hydraulic and topographic sinuosity indexes". *Annals of the Association of American Geographers* (58): 371-385. En Hagget, P. y Chorley, R.J. (1969): *Network analysis in Geography*. Arnold. London.
- Muñoz Jiménez, J. (2000): *Geomorfología general*. Ediciones Síntesis.
- Ollero, A.; Echeverría, M.T.; Sánchez Fabre, M.; Auría, V.; Ballarín, D. y Mora, D. (2003): "Metodología para la tipificación hidromorfológica de los cursos fluviales de Aragón en aplicación de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE)". *Geographica*, vol. 44, pp. 7-25.
- Ollero, A. (2007): *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuestas para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes*. Bakeaz. 255 pp.
- Ollero, A.; Gonzalo, L.E.; Ibisate, A.; Díaz E.; Horacio, J. y Sánchez, M. (2010): "Una metodología de evaluación hidrogeomorfológica de sistemas fluviales: el índice IHG". *Actas del XI reunión nacional de Geomorfología*.
- Pardo Pascual, J.E. y Palomar Vázquez, J. (2002): "Metodología para la caracterización geomorfológica de los barrancos del sur de Menorca mediante perfiles transversales". En *X Congreso de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*. Valladolid. (Libro electrónico).
- Paustian, K.; Parton, W.J.; Persson, J. (1992): "Modeling soil organic matter in organic-amended and nitrogen-fertilized long-term plots". *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 56, pp. 476-488.
- Real Academia de la Lengua Española (RAE) (2013): Diccionario. Pág. Web.
- Pedraza Gilsanz, J. (1996): *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Editorial Rueda. Madrid.
- Petit, F. (1995): "Régime hydrologique et dynamique fluviale des rivières ardennaises". En Demoulin, A. (ed.): *L'Ardenne Essai de Géographie Physique*. Livre en hommage au Professeur A. Pissart, Université de Liège: Laboratoire d'Hydrographie et de Geomorphologie fluviale. Pp. 194-223.
- Pett, G.E. y Amoros, C. (Cord) (1996): *Fluvial hydrosystems*. Chapman y Hall Ltd. London. 322 pp.
- Rosgen, D.L. (1994): "A classification of natural rivers". *Catena*. Vol. 22(3), 169-199 pp.
- Rosgen, D.L. (1996): *Applied river morphology*. Pagosa Spring, Wildland Hydrology.
- Prat, N. y Munné, A. (1999): *Regionalización de la cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Rust, B.R. (1978): "A classification of alluvial channel systems". En Miall, A. D. (ed.): *Fluvial sedimentology, Mem. Canadian Society Petroleum Geologists*. Vol. 5, pp. 187-198.
- Savigear, R.A. (1952): "Some observations on slope development in South Wales". *Trans. And Papers Inst. Br. Geographers*. Vol. 18, pp. 31-51.
- Schumm, S.A. (1963): "A tentative classification of alluvial river channels". *Washington, U.S. Government Printing Office* (U.S.Geological Survey) circular 477, pp.9.
- Schumm, S. A. (1981): "Evolution and response of the fluvial system, sedimentology implications". *Soc. Econ. Paleont. Min. Sp. Publ.* Vol. 31, pp. 19-29.
- Schumm, S. A. (1997): *The fluvial system*. New York, John Wiley y Sons. 338 pp.

- Shields, A. (1936): "Application of similarity principles and turbulences research to bed-load movement". *Mitteilungen der Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau*. Vol. 26, pp. 5-24.
- Siligardi, M. (Coord.)(2003): I.F.F. *Indice de funzionalità fluviale*. Roma (2ª ed.), Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. 224 pp.
- Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR): Centro de Información Territorial de Aragón (CINTA). Dirección General de O. del Territorio. Gobierno de Aragón.
- Strahler A. N. y Strahler A. H. (2004): *Geografía física*. Editorial Omega.
- Tricart, J.(1974): "Phénomènes demesurés et régime permanent dans des bassins montagnards". *Revue de Géomorphologie Dynamique*. Vol. 23, pp. 99-114.
- Twidale, C. R. (1976): *Analysis of landforms*. Wiley & Sons. Australia. 572 pp.
- Wolman, M. G. y Gerson, R. (1978): "Relative scale of time and effectiveness of climate in watershed geomorphology". *Earth Surface Processes*. Vol. 3, pp. 189-208.
- Young, A. (1972): "Slopes". Clayton (ed.), *Geomorphology*. Texts. (Vol. 3), 288 pp.

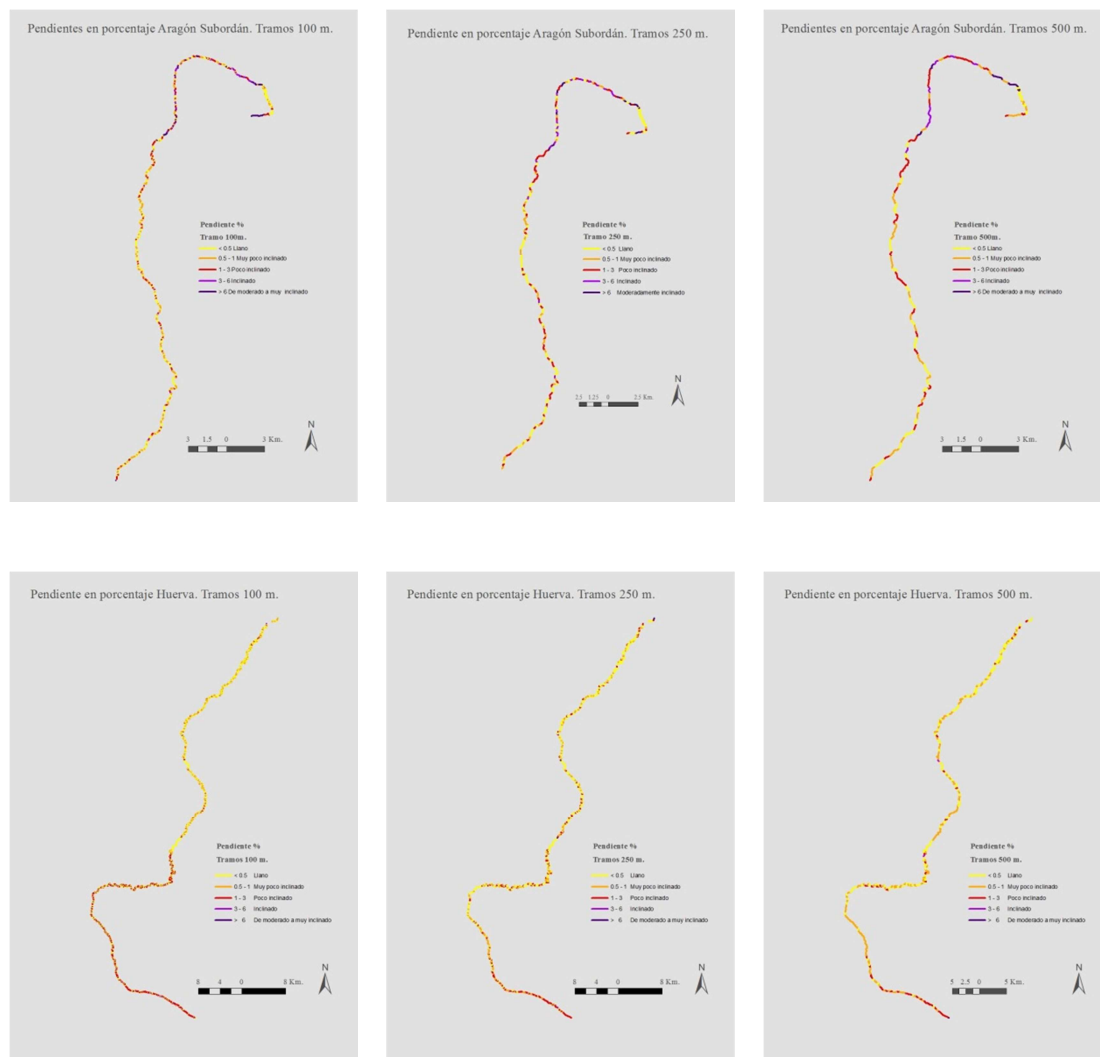
ANEXOS

Anexo I

Resultado Pendientes en porcentaje (rutina ráster) de los ríos A. Subordán y Huerva con un MDE 5x5



Resultado pendientes (%) (Rutina vectorial) de los ríos A. Subordán y Huerva con tramos de 100, 250 y 500 m. con una clasificación de: < 0.5, 0.5-1, 1-3, 3-6, >6 %



Anexo II

Tablas reclasificaciones de pendientes (rutina vectorial) de los ríos A. Subordán y Huerva.

A. Subordán: tramos de 100 m.					
<i>Reclasificación 1</i>	< 4	4 a 8	8 a 16	16 a 30	>30
Nº Tramos	490	28	22	5	4
Km	148	1	0.5	0	0
<i>Reclasificación 2</i>	< 1	1 a 4	4 a 10	>10	
Nº Tramos	365	125	36	23	
Km	125.5	22	1.5	0	
<i>Reclasificación 3</i>	< 0.5	0.5 a 2	2 a 10	>10	
Nº Tramos	180	255	91	23	
Km	59.5	85.5	4	0	
<i>Reclasificación 4</i>	< 0.5	0.5 a 1	1 a 3	3 a 6	>6
Nº Tramos	180	185	106	38	40
Km	59.5	66	21.5	1.5	0.5

A. Subordán: tramos de 250 m.					
<i>Reclasificación 1</i>	< 4	4 a 8	8 a 16	16 a 30	>30
Nº Tramos	198	13	11	2	1
Km	148	1	0.5	0	0
<i>Reclasificación 2</i>	< 1	1 a 4	4 a 10	>10	
Nº Tramos	124	13	11	2	
Km	125.5	22	1.5	0	
<i>Reclasificación 3</i>	< 0.5	0.5 a 2	2 a 10	>10	
Nº Tramos	82	89	43	11	
Km	59.5	85.5	4	0	
<i>Reclasificación 4</i>	< 0.5	0.5 a 1	1 a 3	3 a 6	>6
Nº Tramos	33	31	32	9	9
Km	82	42	63	20	18

A. Subordán: tramos de 500 m.					
<i>Reclasificación 1</i>	< 4	4 a 8	8 a 16	16 a 30	>30
Nº Tramos	99	10	3	3	0
Km	148	1	0.5	0	0
<i>Reclasificación 2</i>	< 1	1 a 4	4 a 10	>10	
Nº Tramos	64	35	11	5	
Km	125.5	22	1.5	0	
<i>Reclasificación 3</i>	< 0.5	0.5 a 2	2 a 10	>10	
Nº Tramos	33	56	21	5	
Km	59.5	85.5	4	0	
<i>Reclasificación 4</i>	< 0.5	0.5 a 1	1 a 3	3 a 6	>6
Nº Tramos	33	31	32	9	9
Km	59.5	66	21.5	1.5	0.5

Huerva tramos 100 m.					
<i>Reclasificación 1</i>	< 4	4 a 8	8 a 16	16 a 30	>30
Nº Tramos (500m.)	1481	3	1	2	0
Km	147.5	1	0.5	0	0
<i>Reclasificación 2</i>	< 1	1 a 4	4 a 10	>10	
Nº Tramos (500m.)	989	492	3	3	
Km	125.5	22	1.5	0	
<i>Reclasificación 3</i>	< 0.5	0.5 a 2	2 a 10	>10	
Nº Tramos (500m.)	689	667	128	3	
Km	59.5	85.5	4	0	
<i>Reclasificación 4</i>	< 0.5	0.5 a 1	1 a 3	3 a 6	>6
Nº Tramos (500m.)	689	300	477	18	3
Km	59.5	66	21.5	1.5	0.5

Huerva tramos 250 m.					
<i>Reclasificación 1</i>	< 4	4 a 8	8 a 16	16 a 30	>30
Nº Tramos (500m.)	590	3	0	0	0
Km	0	0	0	0	0
<i>Reclasificación 2</i>	< 1	1 a 4	4 a 10	>10	
Nº Tramos (500m.)	451	139	3	0	
Km	0	0	0	0	
<i>Reclasificación 3</i>	< 0.5	0.5 a 2	2 a 10	>10	
Nº Tramos (500m.)	290	295	8	0	
Km	0	0	0	0	
<i>Reclasificación 4</i>	< 0.5	0.5 a 1	1 a 3	3 a 6	>6
Nº Tramos (500m.)	290	161	138	2	2
Km	0	0	0	0	0

Huerva tramos 500 m.					
<i>Reclasificación 1</i>	< 4	4 a 8	8 a 16	16 a 30	>30
Nº Tramos (500m.)	295	2	1	0	0
Km	147.5	1	0.5	0	0
<i>Reclasificación 2</i>	< 1	1 a 4	4 a 10	>10	
Nº Tramos (500m.)	251	44	3	0	
Km	125.5	22	1.5	0	
<i>Reclasificación 3</i>	< 0.5	0.5 a 2	2 a 10	>10	
Nº Tramos (500m.)	119	171	8	0	
Km	59.5	85.5	4	0	
<i>Reclasificación 4</i>	< 0.5	0.5 a 1	1 a 3	3 a 6	>6
Nº Tramos (500m.)	119	132	43	3	1
Km	59.5	66	21.5	1.5	0.5

Anexo III

Nº de tipos clasificados incluidos en cada uno de los tramos de la primera división (hipótesis de partida) desde la cabecera del A. Subordán.

Nº TRAMO PRIMERA CLASIFICACIÓN	Nº TIPOS
1	5
2	1
3	2
4	1
5	1
6	1
7	1
8	2
9	2
10	2
11	2
12	1
13	2
14	3
15	1
16	2
17	5
18	2
19	5
20	2
21	5